

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-083766

(43)Date of publication of application : 22.03.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G02B 7/02

G02B 13/00

G02B 17/08

G03F 7/20

(21)Application number : 2001-169476 (71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 05.06.2001 (72)Inventor : TAKAHASHI TETSUO

NISHIKAWA HITOSHI

OMURA YASUHIRO

(30)Priority

Priority

2000183380

Priority

19.06.2000

Priority

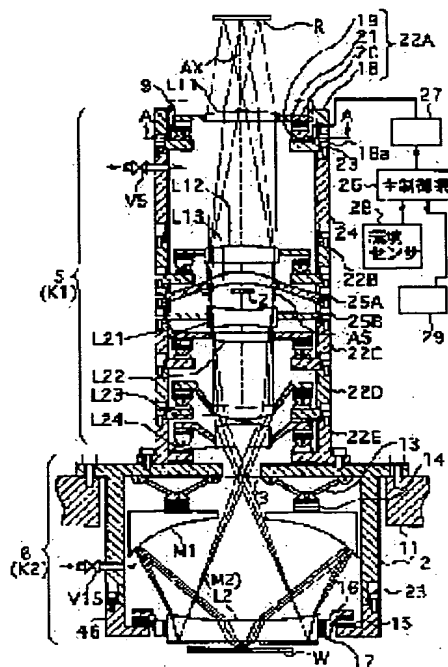
JP

number :

date :

country :

(54) PROJECTOR OPTICAL SYSTEM, METHOD OF MANUFACTURING THE
OPTICAL SYSTEM, AND PROJECTION EXPOSURE SYSTEM EQUIPPED
WITH THE OPTICAL SYSTEM



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection optical system, which can obtain high optical performance, being able to stably maintain the conditions of a prescribed optical element or the positional relation between prescribed plural optical elements, when it is constituted, for

example, of a catadioptric system.

SOLUTION: The image of the pattern of a reticle is projected on a wafer W via a projection optical system, composed of a first image-forming optical system K1 and a second image-forming optical system K2, consisting of a catadioptric system. The first image-forming optical system K1 is supported with the first

barrel 5, the second image-forming optical system K2 is supported with the second barrel 6, and the barrels 5 and 6 are fixed demountably to a support plate 11. The first barrel 5 is constituted by coupling a plurality of active divided tubes 22A-22E, etc., in the direction of the optical axis, and the second barrel 6 is constituted through coupling divided tubes 12 and 46 in the direction of the optical axis, and two reflectors M1 and M2 inside the second barrel 6 are retained under the condition, that the displacement control relatively five degrees of freedom can be obtained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not
reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The projection optical system characterized by having an optical element group containing at least one refraction member and two or more reflective members, being the projection optical system which forms the image of the body of the 1st page on the 2nd page, having two or more lens-barrel units which divide said optical element group into two or more sets, and hold it, and holding all of two or more of said reflective members in one lens-barrel unit in these two or more lens-barrel units.

[Claim 2] The projection optical system according to claim 1 characterized by holding said partial optical element group in one in one lens-barrel unit in said two or more lens-barrel units while having the partial optical element group which forms a medium image in the 3rd page between said 1st page and said 2nd page.

[Claim 3] Said optical element group is a projection optical system according to claim 1 or 2 characterized by being arranged in accordance with one optical axis.

[Claim 4] The 1st partial optical element group by which said optical element group has been arranged in accordance with the 1st optical axis, The 2nd partial optical element group which has been arranged in accordance with the 2nd

optical axis prolonged in the direction which intersects said 1st optical axis, and was optically connected with said 1st partial optical element group, The projection optical system according to claim 1 or 2 characterized by having the 3rd partial optical element group which has been arranged in accordance with the 3rd optical axis prolonged in the direction which intersects said 2nd optical axis, and was optically connected with said 2nd partial optical element group.

[Claim 5] Said 2nd partial optical element group is a projection optical system according to claim 4 characterized by having said two or more reflective members of all.

[Claim 6] Said two or more lens-barrel units are projection optical systems claims 1 and 2 characterized by being supported mutually-independent, or given in three.

[Claim 7] In the projection optical system containing the optical element group which forms the image of the predetermined scale factor of the body of the 1st page on the 2nd page The 1st lens-barrel unit which said optical element group is equipped with the 1st and 2nd suboptical element groups, and holds said 1st suboptical element group in one in accordance with the 1st optical axis, It has the 2nd lens-barrel unit which holds said 2nd suboptical element group in one in

accordance with said 1st optical axis and the 2nd coaxial optical axis. The point of dividing during the object point and the image point about said 1st suboptical element group in accordance with said 1st optical axis by $1:\beta_1$ (β_1 being the real numbers other than zero) A passage, And said 1st lens-barrel unit is held according to the field near a flat surface vertical to said 1st optical axis, or this flat surface. The projection optical system characterized by holding said 2nd lens-barrel unit for the point of dividing during the object point and the image point about said 2nd suboptical element group in accordance with said 2nd optical axis by $1:\beta_2$ (β_2 being the real numbers other than zero), according to the field near a passage and a flat surface vertical to said 2nd optical axis, or this flat surface.

[Claim 8] At least one lens-barrel unit of two or more of said lens-barrel units is a projection optical system claims 1, 2, 3, and 6 characterized by having the adjustment device in which the condition of the predetermined optical element held with this lens-barrel unit is adjusted, or given in seven.

[Claim 9] It is the projection optical system of claim 1-8 which at least one of said two or more of the lens-barrel units is equipped with two or more maintenance blocks which hold one or more optical elements further, respectively, and is

characterized by these two or more maintenance blocks having the adjustment device in which the condition of the optical element for maintenance is adjusted, respectively given in any 1 term.

[Claim 10] At least one of said two or more of the lens-barrel units is a projection optical system claims 1, 2, 3, 6, 7, and 8 characterized by the removable thing, or given in nine.

[Claim 11] It is the projection optical system which is equipped with the optical element group in which two or more aspheric surfaces were formed, is a projection optical system which forms the image of the body of the 1st page on the 2nd page, is equipped with two or more maintenance blocks which divide said optical element group into two or more sets, and hold it, and is characterized by the number of a maintenance block of said plurality being more than the number of said pages of aspheric surfaces.

[Claim 12] It is the projection optical system according to claim 11 which said optical element group has two or more reflective members, and is characterized by holding these two or more reflective members at said maintenance block which differ one [at a time] mutually, respectively.

[Claim 13] The projection optical system characterized by having an optical

element group, being the projection optical system which forms the image of the body of the 1st page on the 2nd page, having two or more lens-barrel units which divide said optical element group into two or more sets, and hold it, and hanging and supporting at least one lens-barrel unit in these two or more lens-barrel units to a predetermined stand.

[Claim 14] Said projection optical system is a projection optical system of claim 1-13 characterized by being used under the illumination light with a wavelength of 200nm or less, and supplying the purge gas which penetrates said illumination light to the interior of said projection optical system given in any 1 term.

[Claim 15] Each of said optical element group is a projection optical system according to claim 14 characterized by being held by the frame part material or the frame device which it has two or more air holes.

[Claim 16] It is the projection optical system which forms the image of the body of the 1st page on the 2nd page under light with a wavelength of 200nm or less. At least two maintenance blocks which position at least two refraction members and; aforementioned refraction members which are arranged in the optical path of said light; It connects with at least one maintenance block in said maintenance block. It is the projection optical system which is equipped with piping and; which

supply the purge gas which penetrates said light to the space between the refraction members of this inside, and is characterized by said maintenance block having the frame part material or the frame device which it has two or more air holes.

[Claim 17] Said light is a projection optical system according to claim 16 characterized by having light with a wavelength of 160nm or less.

[Claim 18] In the projection optical system used for the projection aligner for imprinting the projection original edition on a work piece Image formation optical system of 1 containing two or more reflective members of all that are the components of said projection optical system; Said reflective member which is the component of said projection optical system is not included. Other image formation optical system containing at least one refraction member which is the component of said projection optical system; the projection optical system characterized by having the lens-barrel unit of 1 holding said image formation optical system of 1, the lens-barrel unit of the others holding image formation optical system besides; above, and;.

[Claim 19] The optical element group containing at least one refraction member and two or more reflective members; It is the manufacture approach of the

projection optical system equipped with two or more lens-barrel units which divide this optical element group into two or more sets, and hold it. The predetermined lens-barrel unit of said two or more lens-barrel units is made removable. The lens-barrel unit for adjustment is built into the location of said predetermined lens-barrel unit of the 1st projection optical system already completed as said projection optical system. The 1st process which adjusts the lens-barrel unit for [said] adjustment while measuring the optical property of said 1st projection optical system, The manufacture approach of the projection optical system characterized by having the 2nd process which finishes setting up the 2nd projection optical system and adjusts said 2nd projection optical system on the basis of said adjusted lens-barrel unit from the adjusted lens-barrel unit with which adjustment was performed at this 1st process, and lens-barrel units other than this.

[Claim 20] The projection aligner which is equipped with the projection optical system of claim 1-18 given in any 1 term, and projects the image of the pattern of the 1st body on the 2nd body through this projection optical system.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the lens-barrel structure and its manufacture approach of the projection optical system which forms especially a medium image or consists of reflective refractive media of a straight cylinder mold about the projection optical system with which the projection aligner used in case devices, such as a semiconductor device, a liquid crystal display component, a plasma display component, and a micro machine, are manufactured at a photolithography process is equipped.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the photography process for manufacturing a semiconductor device etc., the projection aligner exposed on the wafers (or glass plate etc.) with which the image of the pattern of the reticle as a mask was applied to the photoresist as a substrate through the projection optical system is used. The resolution required of the projection optical system of a projection

aligner is increasing increasingly as degrees of integration, such as a semiconductor device, improve. In order to satisfy this demand, short-wavelength-izing of the illumination light for exposure (exposure light) and buildup of the numerical aperture (N.A.) of a projection optical system have been performed. However, if the class of ** material which is equal to practical use with the absorption of light will decrease if exposure wavelength becomes short, and especially exposure wavelength becomes a vacuum-ultraviolet (VUV) region about 200nm or less, since the ** material which can be used in the actual condition is restricted to synthetic quartz, fluorite (CaF_2), magnesium fluoride (MgF_2), etc., how chromatic-aberration amendment is performed poses a problem.

[0003] Utilization according [the projection optical system which uses ArF excimer laser (wavelength of 193nm) as an exposure light] to refractive media is still progressing considerably. However, exposure wavelength is F2. If set to 180nm or less like laser (wavelength of 157nm), it is quite difficult to put a projection optical system in practical use in refractive media, and the expectation for the reflective refractive media equipped with the reflective member as a means to amend chromatic aberration is growing. Since it will be known to about

100nm about this that there is sufficient permeability if it is fluorite, and it can be used as a refraction member if it is to this range, the cata-dioptric system with which exposure wavelength combined the refraction member which about 100nm becomes from fluorite, and the reflective member is materialized.

[0004] About cata-dioptric system, some types are already proposed. Among these, by using a page [2nd / or more] reflector, the optical system of the type with which the core of an aperture diaphragm is covered can arrange all optical elements with a straight cylinder mold in accordance with one optical axis, without having an optical-path deflection member, further, since the image formation of the body on an optical axis can be carried out to the image surface, has the merit that the aberration amendment of the large exposure field can be carried out in the small number of optical elements, and can say them as a leading type. Like the optical system currently indicated by U.S. Pat. No.

5,650,877, while the optical system of the type which makes a medium image in the middle of optical system also in it does not have a medium image, an optical member like a half mirror with a possibility of reducing the quantity of light substantially and producing the flare of a large quantity is excellent from the point of a throughput or the ease of manufacture compared with the optical

system arranged on the way. As this type of a conventional technique, U.S. Pat. No. 5,717,518, U.S. Pat. No. 5,488,299, etc. are mentioned.

[0005] Moreover, if exposure wavelength is set to about 200nm or less, since the rate of the exposure absorption of light by oxygen, a carbon dioxide, etc. will become high, in order to raise the illuminance on a wafer etc., the purge gas which has transmission even with the high wavelength of about 200nm or less, such as nitrogen gas (N₂) and gaseous helium (helium), needs to permute the gas inside the lens-barrel of a projection optical system. Therefore, the various feeder styles of purge gas are proposed from before.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In using the exposure light of a vacuum ultraviolet area like the above, reflective refractive media are excellent as a projection optical system. However, even if it is a straight cylinder mold, an overall length will become long compared with refractive media, and it is hard coming to hold only by one lens-barrel in reflective refractive media. Moreover, at the reflective refractive media of U.S. Pat. No. 5,717,518, by reflective refractive media, there is the need of making a reflective member (raw material system) larger than a refraction member (** material system), in many cases so

that a large thing may also show the reflective member as a raw material system compared with the refraction member as a ** material system. In this case, if a comparatively small refraction member and a comparatively large reflective member shall be held as one by one lens-barrel, the structure of that lens-barrel will be complicated and it will become difficult to support that lens-barrel to stability. Furthermore, in order for rigging of the lens-barrel and all optical elements to also take time amount, there is inconvenience to which the manufacturing cost of a projection optical system becomes high.

[0007] Then, the method of dividing the optical element group which constitutes reflective refractive media into not one lens-barrel but the lens-barrel into which plurality was divided, i.e., two or more so-called division lens-barrels, and holding it is also considered. However, when only classifying those optical element groups into grades to plurality and holding by two or more division lens-barrels, while the division lens-barrel of a partial quite complicated configuration may be needed, there is a possibility that the rigging activity of axial doubling of each division lens-barrels etc. may be complicated.

[0008] Moreover, since there is a possibility of changing the physical relationship between the optical elements currently held at a different division lens-barrel by

only holding by two or more division lens-barrels to a design value, there is a possibility that the generating factor of aberration may increase. Therefore, to use two or more division lens-barrels, the arrangement which suppresses generating of aberration is required. furthermore, in the projection aligner use vacuum ultraviolet light with a wavelength of about 200nm or less as an exposure light, when pass purge gas to the optical path inside a projection optical system and the lens-barrel consist of two or more division lens-barrels, the "stagnation" arise with the flow of purge gas in the boundary section of a division lens-barrel, and there be a possibility that the concentration of extinction matter, such as oxygen, may not fully fall. It is, especially light with a wavelength of 170nm or less, F2 [for example,]. In the projection aligner which uses a laser beam (wavelength of 157nm) as an exposure light, since the allowed value of the residual concentration of the extinction matter becomes low, when a division lens-barrel method is only adopted, there is a possibility that the residual concentration of the extinction matter may not fall below in an allowed value.

[0009] It sets it as the 1st object that this invention offers the projection optical system from which the physical relationship between the condition of a predetermined optical element or the optical element of predetermined plurality

can be maintained to stability, and high optical-character ability is obtained when constituted from reflective refractive media in view of this point. Moreover, this invention sets it as the 2nd object to offer a projection optical system with easy rigging, when constituted from reflective refractive media.

[0010] Moreover, this invention sets it as the 3rd object to offer the projection optical system which can supply purge gas by the high grade while it is easy rigging, when constituted for example, from reflective refractive media.

Furthermore, this invention sets it as the 4th object to offer the manufacture approach of a projection optical system that such a projection optical system can be manufactured efficiently.

[0011] Furthermore, this invention aims also at offering the highly efficient projection aligner equipped with the projection optical system.

[0012]

[Means for Solving the Problem] The 1st projection optical system by this invention has an optical element group containing at least one refraction member (L11-L24, L2) and two or more reflective members (M1, M2). It is the projection optical system which forms the image of the body of the 1st page (1) on the 2nd page (4). It has two or more lens-barrel units (5 6) which divide that

optical element group into two or more sets, and hold it, and all of two or more of those reflective members are held in one lens-barrel unit in two or more of these lens-barrel units (6).

[0013] The yield of aberration when this this invention shifts from the location on a design of the location of an optical member is made paying attention to the reflective member being larger compared with a refraction member. According to this invention, since all of two or more reflective members are held in one lens-barrel unit, the relative-position relation of two or more reflective members is held at an almost fixed condition. And since this will be equivalent to only the lens-barrel unit only holding other refraction members having displaced if it is considered on the basis of the lens-barrel unit even if the lens-barrel unit which holds a reflective member by oscillation etc. displaces, the yield of the whole aberration is stopped low and high optical-character ability is obtained.

[0014] In this case, while having the partial optical element group (L11-L24) which forms a medium image in the 3rd page between that 1st page and its 2nd page (3), it is desirable to hold that partial optical element group in one in one lens-barrel unit in two or more of those lens-barrel units (5). Thus, when a medium image is formed, the outer diameters of the optical member before and

behind a medium image may differ greatly. Then, a partial optical element group can be easily held now to stability by holding the partial optical element group which forms the medium image in one lens-barrel unit.

[0015] Moreover, the optical element group is arranged in accordance with one optical axis (AX) as an example. Thus, by considering as the configuration of a straight cylinder mold, the configuration of the lens-barrel as the whole is miniaturized and the optical element group can be held to stability. Furthermore, as for two or more of the lens-barrel units, being supported mutually-independent is desirable. By this, rigging becomes easy.

[0016] Moreover, the 1st partial optical element group by which the optical element group has been arranged in accordance with the 1st optical axis as another example, The 2nd partial optical element group which has been arranged in accordance with the 2nd optical axis prolonged in the direction which intersects the 1st optical axis, and was optically connected with the 1st partial optical element group, The thing equipped with the 3rd partial optical element group which has been arranged in accordance with the 3rd optical axis prolonged in the direction which intersects the 2nd optical axis, and was optically connected with the 2nd partial optical element group may be used. In this case,

as an example, that 1st optical axis and its 2nd optical axis lie at right angles mostly, and that 3rd optical axis is almost parallel to that 1st optical axis.

Moreover, the 2nd partial optical element group may have two or more of the reflective members of all.

[0017] Next, the 2nd projection optical system of this invention is set to the projection optical system containing the optical element group which forms the image of the predetermined scale factor of the body of the 1st page (1) on the 2nd page (4). The 1st lens-barrel unit which the optical element group is equipped with the 1st suboptical element group (L11-L28, L30) and the 2nd suboptical element group (M1, M2), and holds the 1st suboptical element group in one in accordance with the 1st optical axis (5A), It has the 2nd lens-barrel unit (6A) which holds the 2nd suboptical element group in one in accordance with the 1st optical axis and the 2nd coaxial optical axis. The point of dividing during the object point and the image point about the 1st suboptical element group in accordance with the 1st optical axis by $1:\beta_1$ (β_1 being the real numbers other than zero) A passage, And the 1st lens-barrel unit is held according to the field near a flat surface vertical to the 1st optical axis, or this flat surface. The 2nd lens-barrel unit is held for the point of dividing during the object point and the

image point about the 2nd suboptical element group in accordance with the 2nd optical axis by $1:\beta_2$ (β_2 being the real numbers other than zero), according to the field near a passage and a flat surface vertical to the 2nd optical axis, or this flat surface.

[0018] According to this invention, since each lens-barrel unit is supported mutually-independent, it is easy rigging. Furthermore, even if the 1st lens-barrel unit (5A) and the 2nd lens-barrel unit (6A) incline, an image shift hardly arises, respectively. Therefore, when it applies to a projection aligner, even if a lens-barrel unit displaces under the effect of the oscillation of a stage system etc., always high optical-character ability is obtained.

[0019] Moreover, as for at least one lens-barrel unit of two or more of those lens-barrel units, in each projection optical system of above-mentioned this invention, it is desirable to have the adjustment device (14, 15, 17, 20) in which the condition of the predetermined optical element held with this lens-barrel unit is adjusted. By adjusting the conditions (the location of the direction of an optical axis, the location (eccentric adjustment) of the biaxial direction of in a flat surface vertical to an optical axis, tilt angle around biaxial, etc.) of the predetermined optical element, predetermined image formation properties, such as a scale

factor of the projection optical system and aberration, can be amended.

[0020] Moreover, at least one of two or more of the lens-barrel units of those (5) is equipped with two or more maintenance blocks (22A-22E) which hold one or more optical elements further, respectively, and it is [these maintenance blocks of two or more] desirable to have the adjustment device (20) in which the condition of the optical element for maintenance is adjusted, respectively.

Moreover, the removable thing of at least one of two or more of the lens-barrel units of the is desirable.

[0021] Next, the 3rd projection optical system of this invention is equipped with the optical element group in which two or more aspheric surfaces (ASP1-ASP8) were formed. It is the projection optical system which forms the image of the body of the 1st page on the 2nd page, and it has two or more maintenance blocks (22A-22E, 25A, 25B, 12, 46) which divide the optical element group into two or more sets, and hold it, and the number of a maintenance block of the plurality is carried out to more than the number of pages of the aspheric surfaces.

[0022] At the time of the assembly of the projection optical system of this invention, the case where the eccentricity of about several micrometers remains in each optical element in which the aspheric surface was formed, respectively is

possible. High order eccentric aberration occurs with the eccentricity of such the aspheric surface. Then, in case for example, each maintenance block is incorporated for the number of the maintenance block one by one as more than the number of pages of the aspheric surfaces, by performing eccentric adjustment or preparing the eccentric adjustment device in each maintenance block, the high order eccentric aberration can be amended and high optical-character ability is obtained.

[0023] In this case, when that optical element group has two or more reflective members (M1, M2), as for two or more of these reflective members, it is desirable to be held at that maintenance block (12 46) that differs one [at a time] mutually, respectively. If the location of a reflective member has shifted from the design location, big aberration will occur compared with a refraction member. Therefore, when it has two or more reflective members, in case each reflective member is held with a different maintenance block, for example, these maintenance blocks are incorporated one by one, aberration can be made still smaller by having the device which adjusts a relative position or can tune the relative position of those reflective members finely.

[0024] Moreover, the 4th projection optical system of this invention is a

projection optical system which has an optical element group and forms the image of the body of the 1st page (1) on the 2nd page (4). It has two or more lens-barrel units (5A, 6A) which divide that optical element group into two or more sets, and hold it, and at least one lens-barrel unit in two or more of these lens-barrel units (6A) is hung and supported to a predetermined stand (11).

[0025] Thus, by hanging a lens-barrel unit and supporting by the method, the lens-barrel unit, as a result the optical element held by it can always be supported to stability, and a high optical property can be maintained. As for each projection optical system of these this inventions, it is desirable to be used under the illumination light with a wavelength of 200nm or less as an example, and to supply the purge gas which penetrates that illumination light to the interior of that projection optical system in this case. Since each projection optical system of this invention is a method which repeats two or more lens-barrel units or two or more maintenance blocks (it connects), it is easy rigging. Furthermore, since these lens-barrel units and a maintenance block can be done in airtight high structure, the purge gas can be supplied to the interior of the projection optical system by the high grade. Therefore, the illuminance of the illumination light becomes high and a high throughput is obtained at an exposure process.

[0026] In this case, it is desirable to prepare two or more air holes in the members (lens frame etc.) which hold each optical element (a refraction member, reflective member) within each lens-barrel unit or each maintenance block, and to consider as hole aperture structure. Moreover, the maintenance block holding a for example comparatively large reflective member may be supported according to the frame device in which permeability is high. According to these devices, the stagnation of purge gas is lost and the residual concentration of the impurity (extinction matter) within the projection optical system can be lowered as a result.

[0027] Next, at least two refraction members which the 5th projection optical system of this invention is a projection optical system which forms the image of the body of the 1st page on the 2nd page under light with a wavelength of 200nm or less, and are arranged in the optical path of the light, It connects with at least two maintenance blocks which position the refraction member, and at least one maintenance block in the maintenance block. Having piping which supplies the purge gas which penetrates that light to the space between the refraction members of this inside, that maintenance block has the frame part material or the frame device which it has two or more air holes. According to this projection

optical system, while rigging is easy, purge gas can be supplied by the high grade.

[0028] In this case, that light has light with a wavelength of 160nm or less as an example. Moreover, the 6th projection optical system of this invention sets the projection original edition to the projection optical system used for the projection aligner for imprinting on a work piece. The image formation optical system of 1 containing two or more reflective members of all that are the components of the projection optical system, Other image formation optical system which contains at least one refraction member which is the component of the projection optical system excluding the reflective member which is the component of the projection optical system, It has the lens-barrel unit of 1 holding the image formation optical system of 1, and other lens-barrel units holding image formation optical system besides the above. According to this projection optical system, since two or more reflective members of all are held in one lens-barrel unit, the physical relationship between these reflective members can maintain to stability, and high optical-character ability is obtained.

[0029] Next, the optical element group in which the manufacture approach of the projection optical system of this invention contains at least one refraction

member and two or more reflective members, It is the manufacture approach of the projection optical system equipped with two or more lens-barrel units (5 6) which divide this optical element group into two or more sets, and hold it. The predetermined lens-barrel unit of two or more of the lens-barrel units (5 6) is made removable. The lens-barrel unit for adjustment is built into the location of the predetermined lens-barrel unit of the 1st projection optical system already completed as the projection optical system. The 1st process which adjusts the lens-barrel unit for [the] adjustment while measuring the optical property of the 1st projection optical system, It finishes setting up the 2nd projection optical system from the adjusted lens-barrel unit with which adjustment was performed at this 1st process, and lens-barrel units other than this, and has the 2nd process which adjusts that 2nd projection optical system on the basis of that adjusted lens-barrel unit.

[0030] According to the manufacture approach of this projection optical system, when manufacturing two or more projection optical systems to juxtaposition, for example, the projection optical system which rigging completed can be used and the lens-barrel unit for the following projection optical systems can be adjusted in a short time. Therefore, the rigging time amount as the whole can be shortened.

Moreover, the manufacture approach of another projection optical system of this invention The optical element group containing at least one refraction member and at least one reflective member, It is the manufacture approach of the projection optical system equipped with two or more lens-barrel units (5A, 6A) which divide this optical element group into two or more sets, and hold it. At least one of those lens-barrel units While having at least one optical element in it, it has the maintenance block (44A-44E) equipped with the 1st device (17 20) in which the relative position to the lens-barrel unit is adjusted. At least one of those lens-barrel units (5A) is equipped with the 2nd device (15 17) in which the condition as the whole can be adjusted, and after it performs adjustment between two or more lens-barrel units using the 2nd device, it removes the aberration which remains using the 1st device.

[0031] Thus, by adjusting, it can respond to fine adjustment of aberration to small big aberration, and a projection optical system with an optical property almost equal to the design engine performance can be manufactured. Next, the projection aligner of this invention is equipped with the projection optical system of above-mentioned this invention, and projects the image of the pattern of the 1st body (R) on the 2nd body (W) through this projection optical system. By the

activity of the projection optical system of this invention, rigging of the whole equipment becomes easy and a manufacturing cost can be reduced.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to drawing 2 - drawing 4 , it explains per gestalt of operation of the 1st of this invention. This example is F2 as an exposure light (illumination light). While using laser (main wavelength of 157.6nm), this invention is applied to the projection optical system of a straight cylinder mold with the reflective refraction mold equipped with two reflecting mirrors with which opening was formed near the optical axis, respectively.

[0033] Drawing 2 is the lens block diagram of the projection optical system of this example, and the image of the body arranged in the body side 1 (the 1st page) is formed for the predetermined projection scale factor beta on the image surface 4 (the 2nd page) of the projection optical system of this example in this drawing 2 .

It is 1/4 time the projection scale factor beta of this example of this, and at the time of exposure, the pattern side of the reticle R as a mask is arranged in the body side 1, and the front face of the wafers W (or glass plate etc.) as an exposed substrate (photosensitive substrate) is arranged in the image surface 4.

[0034] The projection optical system of this example consists of 1st image

formation optical system K1 for forming the primary image (medium image) 3 of the pattern of reticle, and 2nd image formation optical system K2 for forming the secondary image (the last image) of a reticle pattern on a wafer for a cutback scale factor based on the light from a primary image. The 1st image formation optical system K1 consists of a 1st lens group G1 which has forward refractive power, aperture-diaphragm AS, and a 2nd lens group G2 which has forward refractive power sequentially from the reticle side. Moreover, the main electric shielding member 2 which shades the light near the optical-axis AX in a different location from the installation side of aperture-diaphragm AS in the direction of an optical axis AX is arranged near the installation side of aperture-diaphragm AS.

[0035] The 2nd image formation optical system K2 consists of a primary mirror M1 which has the surface reflector which turned the concave surface to the wafer side sequentially from a reticle side, and has opening (light transmission section) 7 in the center, a lens L2, and a secondary mirror M2 equipped with the reflector which has opening (light transmission section) 8 in the center. Moreover, the projection optical system of this example has the aspheric surface of eight sheets, and gives Sign ASP_m to the m-th aspheric surface ($m = 1, 2, \dots$) from the reticle side of the lens sides.

[0036] And the 1st lens group G1 consists of a lens L11 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 1 of a convex was turned to the reticle side, a lens L12 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 2 of a convex was turned to the reticle side, and a lens L13 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 3 of concave was turned to the wafer side, sequentially from the reticle side. Moreover, the lens L21 of both the concave configuration where the 2nd lens group G2 turned the aspheric surface ASP 4 of concave to the reticle side sequentially from the reticle side, It consists of a lens L22 of both the convex configuration where the aspheric surface ASP 5 of a convex was turned to the reticle side, a lens L23 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 6 of a convex was turned to the wafer side, and a lens L24 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 7 of concave was turned to the wafer side. Furthermore, the lens L2 in the 2nd image formation optical system K2 is a lens of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 8 of concave was turned to the reticle side.

[0037] All the optical elements (G1, G2, M1, M2, L2) that constitute the projection optical system of this example are arranged in accordance with the

single optical axis AX. Moreover, a primary mirror M1 is arranged near the formation location of the primary image 3, and a secondary mirror M2 approaches a wafer and is arranged. In this way, in the projection optical system of drawing 2 , the light from the pattern of Reticle R forms the primary image (medium image) 3 of a reticle pattern through the 1st image formation optical system K1. The light which the light from the primary image 3 was reflected with the secondary mirror M2 through central opening 7 and the central lens L2 of a primary mirror M1, and was reflected with the secondary mirror M2 is reflected with a primary mirror M1 through a lens L2. The light reflected with the primary mirror M1 forms the secondary image of a reticle pattern in the front face of Wafer W for a cutback scale factor through the opening 8 of the center of a lens L2 and a secondary mirror M2.

[0038] Fluorite (CaF₂ crystal) is used for all the dioptrics members (lens component) that constitute the projection optical system of drawing 2 . Moreover, F2 which is exposure light The oscillation core wavelength of a laser beam is 157.6nm, oscillation wavelength width of face is narrow-band-ized by 157.6nm**10pm extent, and many aberration is amended good by the wavelength within the limits in the condition (for example, one atmospheric

pressure and the addition energy which is immediately after exposure initiation and passed the projection optical system about 0 condition) of becoming predetermined criteria. [atmospheric pressure] CaF₂ to the main wavelength of 157.6nm A refractive index is 1.5600000.

[0039] Moreover, when the configuration of the aspheric surface used by the projection optical system of this example set the height of a direction vertical to an optical axis to y, and sets distance (the amount of sags) in alignment with the optical axis from the tangential plane in the top-most vertices of the aspheric surface to the location on the aspheric surface in height y to Z, top-most-vertices radius of curvature is set to r, a constant of the cone is set to kappa and the n-th aspheric surface multiplier is made into A-F, it is expressed with the following formulas.

$$1 + \{1 - (1 + \kappa) \text{ and } y^2/r^2\}^{1/2} / Z = (y^2/r) / [2] + A - y^4 + B - y^6 + C - y^8 + D - y^{10} + E - y^{12} + F - y^{14} \quad \text{-- (1)}$$

[0040] The value of the item of the projection optical system of this example is hung up over the following table 1. a table 1 -- setting -- lambda -- the main wavelength of exposure light -- NA carries out an image side numerical aperture, and, as for phi, beta is carrying out the table of the diameter of the image circle

on a wafer for the projection scale factor, respectively. Moreover, d is the spacing (mm) whose r is shaft top spacing of each field about the radius of curvature (mm : the case of the aspheric surface radius of curvature in top-most vertices) of each field in the sequence of the field from the reticle side which met in the direction in which the beam of light from a reticle side to the wafer side whose field number is a body side, and which is the image surface advances. CaF₂ in an optical material Fluorite is shown, respectively.

[0041] Moreover, Spacing d shall change the sign, whenever it is reflected.

Therefore, the sign of Spacing d considers as negative in the optical path from a secondary mirror M2 to a primary mirror M1, and is taken as forward in other optical paths. And irrespective of the direction of incidence of a beam of light, the convex radius of curvature r is made forward toward a reticle side, and the concave radius of curvature r is made negative. In addition, in the gestalt of all operations, the same sign as the gestalt of this 1st operation is used below.

[0042]

<<table 1>>

(Major characteristics)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$ $\beta = 0.2500$ $\text{NA} = 0.75$ $\phi = 16.4 \text{ mm}$ Spacing from a

reticle side to the 1st page = 201.4588mm Field number r d Optical material 1

(ASP1) 199.4802 23.6189 CaF2 2 1933. 2675 269.2901 3 (ASP2) 248.9463

38.4449 CaF2 4 1002. 9474 19.1120 5 109.3351 28.6306 CaF2 6 (ASP3)

143.4010 21.0000 7(AS) infinity35.47878 (ASP4)-1979.6492 27.8589CaF(s)2 9

215.977713.6424 10 (ASP5) 838.3987 20.3225 CaF2 11 -252.7298 143.557312

- 475.028225.5347 CaF 213 (ASP6)-98.491412.5880 14 174.9476 50.0000

CaF2 15 (ASP7) 249.0939 370.2800 16 (ASP8) -965.4467 42.8265 CaF2 17 -

8820.5445 -42.8265 CaF2 18 (ASP8) -965.4467 -223.7172 19 346.8643

223.7172 20 (ASP8) -965.4467 42.8265 CaF2 21 -8820.5445 10.0000 (aspheric

surface data)

ASP1 ASP2 ASP3kappa= 0.00000 kappa= 0.00000 kappa=

0.00000A=-9.61173x10-9 A=-1.55615x10-7

A=-1.49247x10-7B=-2.14569x10-13 B=-4.68023x10-12 B= 2.48237x10-12 C=

7.59160x10-18 C= 3.66473x10-18 C= 1.10343x10-15 D=-5.90665x10-22 D=

2.76851x10-21 D=-6.65598x10-20 E=0.0 E= 4.46701x10-25 E=-2.15738x10-24

F=0.0 F= 0.0 F= 0.0 ASP4 ASP5 ASP6kappa= 0.00000 kappa= 0.00000 kappa=

0.00000A=-9.40388x10-8 A= 1.88036x10-8 A= 1.67077x10-7B=-4.01544x10-12

B=-1.59516x10-12 B=-2.42295x10-12 C=-6.89483x10-17 C=-3.15148x10-16

$C = 1.58927 \times 10^{-15}$ $D = 1.70469 \times 10^{-20}$ $D = -2.20945 \times 10^{-20}$

$D = -1.11815 \times 10^{-19}$ $E = -6.15241 \times 10^{-24}$ $E = 0.0$ $E = 1.37831 \times 10^{-23}$ $F = 0.0$ $F = 0.0$

$F = 0.0$ ASP7 ASP8 $\kappa = 0.00000$ $\kappa = 17.06579$ $A = -1.42562 \times 10^{-7}$ $A =$

7.65400×10^{-9} $B = 2.11000 \times 10^{-11}$ $B = -7.96595 \times 10^{-15}$ $C = -3.82147 \times 10^{-15}$

$C = -8.95740 \times 10^{-19}$ $D = 2.44894 \times 10^{-19}$ $D = 6.26276 \times 10^{-23}$ $E = 0.0$

$E = -1.26805 \times 10^{-27}$ $F = 0.0$ $F = 1.50073 \times 10^{-32}$ [0043] As mentioned above, F2

whose main wavelength is 157.6nm in the projection optical system of the

reflective refraction mold of drawing 2 While securing the image 0.75 side NA,

without enlarging a primary mirror M1 by small lens number of sheets to a laser

beam, a 16.4mm image circle is securable on a wafer. Therefore, when the

projection optical system of drawing 2 is applied to a projection aligner, high

resolving of 0.1 micrometers or less can be attained. Moreover, the projection

optical system of drawing 2 can be applied to the projection aligner of step - and

- scanning method, the exposure field on a wafer can be set up 15mmx6mm in

the shape of a rectangle, and a reticle pattern can be imprinted to a

30mmx40mm field by performing splice exposure by two scanning exposure.

[0044] Next, it explains per configuration of the lens-barrel at the time of applying

the projection optical system of drawing 2 to a projection aligner. drawing 3 is the

sectional view showing the important section at the time of carrying the projection optical system of drawing 2 in a projection aligner, and the 2nd image formation optical system K2 whose 1st image formation optical system K1 to a lens L11 - a lens L24 is the aggregate of two or more division lens-barrels and which is held by 5 [barrel / 1st] and consists of a primary mirror M1, a lens L2, and a secondary mirror M2 is the aggregate of two or more division lens-barrels in this drawing 3 -- the 2nd barrel is held by 6. Barrels 5 and 6 correspond to two or more lens-barrel units of this invention, and two or more division lens-barrels which constitute barrels 5 and 6 support the maintenance block of this invention. Moreover, barrels 5 and 6 are attached free [attachment and detachment] to the support plate 11 as a stand of a projection aligner.

[0045] First, it is carried in opening of the U character mold formed in the center section of the support plate 11 of a projection aligner, and the 2nd barrel of the flange of the upper division lens-barrel 12 is being fixed to the support plate 11 through the bolt, while 6 connects two division lens-barrels 12 and 46 in the direction of an optical axis with a bolt 23 by three or more places and consists of reticle sides. And it is held so that a primary mirror M1 may be hung through the elastic vertical direction driver element 14 in the frame device 13 and the

direction of an optical axis of three V character molds in the division lens-barrel 12, and the lens L2 and the secondary mirror M2 are held through the lens frame 16 of the three vertical direction driver elements [15 or 1], and 1 set of eccentric direction driver elements 17 in the lower division lens-barrel 46. As vertical direction driver elements 14 and 15, an electromotive micrometer, piezoelectric devices (piezo-electric element etc.), or a small motor can be used, for example. The biaxial surrounding tilt angle biaxial and the optical-axis AX direction of an optical element (a primary mirror M1, a lens L2, secondary mirror M2) location [the direction] and cross at right angles can be adjusted by controlling the amount of actuation of the three vertical direction driver elements 14 and 15. [0046] On the other hand, 1 set of eccentric direction driver elements 17 consist of two actuators, such as an electromotive micrometer to which the variation rate of the optical element for maintenance is carried out along with biaxial [with which it intersects perpendicularly within a flat surface vertical to an optical axis AX], piezoelectric devices (piezo-electric element etc.), or a small motor, and the two energization sections, such as coiled spring which forces the optical element to these actuators. Therefore, the eccentricity in alignment with biaxial [biaxial and the optical element cross at right angles] can be adjusted by

controlling the amount of actuation of two actuators of the eccentric direction driver element 17. In addition, the sectional view (the same is said of the sectional view of the gestalt of the following operations) of drawing 3 expresses the cross section along the field which has a 120-degree aperture angle centering on an optical axis AX about the vertical direction driver element (14, 15 grades) and a bolt 23, and expresses the usual longitudinal section about the eccentric direction driver element 17.

[0047] Next, active mold division lens-barrel 22A to which 5 holds the 1st barrel of a lens L11 sequentially from a reticle side, The lens-barrel 24 for spacers, and active mold division lens-barrel 22B holding a lens L12, A lens L13, aperture-diaphragm AS, and division lens-barrel 25A holding the main electric shielding member 2, Division lens-barrel 25B holding a lens L21, and active mold division lens-barrel 22C holding a lens L22, While it connects in the direction of an optical axis and being constituted from the location of three or more places by the bolt 23, respectively, active mold division lens-barrel 22D holding a lens L23, and active mold division lens-barrel 22E holding a lens L24 The 2nd barrel of the flange of active mold division lens-barrel 22E of the bottom is being fixed to the top face of the division lens-barrel 12 of 6 with the bolt.

[0048] And, respectively five active mold division lens-barrels 22A-22E arrange the lens frame 21, and are constituted through the splice 19 which can rotate freely in the location of three places, and the vertical direction driver element 20, to an outer case 18, and the optical element (lenses L11-L24) is held in the lens frame 21. The configuration of the vertical direction driver element 20 is the same as that of the vertical direction driver elements 14 and 15, and five active mold division lens-barrels 22A-22E can adjust the biaxial surrounding tilt angle biaxial and the optical-axis AX direction of the internal lenses L11-L24 location [the direction] and cross at right angles, respectively.

[0049] Drawing 4 (a) is a sectional view which meets AA line of drawing 3 , and the vertical direction driver element 20 of drawing 3 is arranged in this drawing 4 (a) in the locations 20A-20C of three places arranged by the equiangular distance centering on an optical axis AX. Moreover, the bolt 23 which performs connection to the outer case 18 of active mold division lens-barrel 22A and the lens-barrel 24 for spacers under it is arranged in three notching sections 18a prepared in the periphery section of an outer case 18. For example, by using the method which contains a bolt in the notching section of an outer case 18 like this example compared with the method connected by binding tight with a bolt the

flange which projected two division lens-barrels outside, division lens-barrel 22A etc. can be formed from few ingredients, and a manufacturing cost can be reduced. In addition, in order to raise whenever [between the adjoining division lens-barrels / sealing] and to maintain the purity of internal purge gas highly, the O ring (un-illustrating) is arranged in the slot between each division lens-barrel (un-illustrating), respectively. Furthermore, in order to raise whenever [between the adjoining division lens-barrels / sealing], a bolt 23 may be arranged in the location of about three or more places, for example, 12 places. moreover, the sectional view which meets BB line of drawing 4 (a) -- drawing 3 -- the 1st barrel supports the sectional view of 5.

[0050] Drawing 4 (b) is the amplification perspective view showing the splice 19 and the vertical direction driver element 20 of drawing 3 , in this drawing 4 (b), a splice 19 consists of pins 33 which connect a saucer 32, the projected part 31 which touches free [a revolution] to a saucer 32, and a saucer 32 and a projected part 31, and the edge of the vertical direction driver element 20 is connected with the projected part 31. Thus, although it is the configuration which can be rotated around one shaft, a splice 19 may be constituted so that it can rotate around biaxial.

[0051] The amount of actuation of the vertical direction driver element 14 in 2nd barrel 6 and the eccentric direction driver element 17 is controlled by the vertical direction driver element 20 of return and the active mold division lens-barrels 22A-22E by drawing 3 , and is controlled by the image formation property control system 27 by the list. In this case, the sensors (a rotary encoder, an electrostatic-capacity type, or optical gap sensor) which detect the amount of actuation, respectively are built into each driver elements 20, 14, and 17, and the image formation property control system 27 controls the amount of actuation of the corresponding driver elements 20, 14, and 17, feeding back the detection result of those sensors.

[0052] Actuation of the image formation property control system 27 is controlled by the main control system 26 which carries out control control of the actuation of the whole equipment of a projection aligner, and the measurement data from the environmental sensor 28 equipped with sensors, such as a barometer which measures the atmospheric pressure around the projection aligner of this example (atmospheric pressure), a thermometer which measures surrounding temperature, and a hygrometer, are supplied to the main control system 26 with the predetermined sampling rate. Furthermore, the projection aligner of this

example is equipped also with the light exposure control system 29 which asks for the addition energy of the exposure light (illumination light) which passes a projection optical system by carrying out the monitor of the illuminance (pulse energy) of the light which branched from exposure light in the illumination-light study system indirectly, and the information on the addition energy from the light exposure control system 29 is also supplied to the main control system 26. If a surrounding atmospheric pressure and addition energy change, since image formation properties, such as a best focus location of a projection optical system, a projection scale factor, and many aberration (distortion, astigmatism, a curvature of field, spherical aberration, comatic aberration, etc.), will be changed gradually, the relation between an atmospheric pressure, addition energy, etc. and the amount of fluctuation of image formation properties, such as a projection scale factor, is beforehand memorized by the storage section of the main control system 26 as a table. And when measurement values, such as atmospheric pressure, are changed or addition energy increases gradually, the main control system 26 drives five lenses L11-L24 so that the amount of fluctuation of the image formation property of corresponding through the image formation property control system 27 and the vertical direction driver element 20 may be offset. In

addition, to fluctuation of a best focus location, the focal location of Wafer W may be controlled and you may cope with it. Moreover, a primary mirror M1 and a lens L2 (secondary mirror M2) may be further driven through the vertical direction driver elements 14 and 15 and the eccentric direction driver element 17 if needed.

[0053] Moreover, the exposure light (illumination light) of this example is F2.

Since it is laser (main wavelength of 157.6nm), the purge gas with which high transmission is obtained also to the light of a vacuum ultraviolet area is supplied to the optical path of the exposure light by the high grade. As purge gas, an inactive gas can be used chemically [nitrogen gas or rare gas (helium, neon, an argon, a krypton, a xenon, radon)]. Nitrogen gas is cheap while permeability with the comparatively high wavelength of about 150nm is obtained, but absorption will become large if wavelength is set to about 150nm or less.

Moreover, although gaseous helium is expensive, permeability comparatively high to the wavelength of about 100nm is obtained. Furthermore, thermal conductivity of gaseous helium is high (about 3 times of neon, and about 6 times of nitrogen gas), it is excellent in temperature stability, and has the advantage that the amount of fluctuation of the refractive index to change of an atmospheric

pressure is small (about [of neon] $1/2$, and about [of nitrogen gas] $1/8$). So, in this example, gaseous helium shall be used as purge gas.

[0054] Therefore, in drawing 3 , the 1st barrel of a feed pipe with bulb V5 is connected to the lens-barrel 24 for spacers of 5 from the feeder (un-illustrating) of external purge gas, and the purge gas of the high grade by which temperature control was carried out to the interior of a projection optical system from the feed pipe is supplied. And the 2nd barrel of the exhaust pipe with bulb V15 which leads to the feeder is connected to the division lens-barrel 12 of 6, and the purge gas which flowed the inside of a projection optical system is returned to the feeder through the exhaust pipe. In the feeder, after removing an impurity from the returned purge gas, the purge gas which fills up the amount which leaked outside and is obtained is again supplied in a projection optical system through the feed pipe.

[0055] In this case, the space between the three vertical direction driver elements 20 which drive the downward lenses L12-L24 rather than a feed pipe, respectively While being able to circulate purge gas, in the lens frame 21 which holds a lens within active mold division lens-barrel 22B - 22E, and the lens frame of the division lens-barrels 25A and 25B Much openings are mostly formed by

the equiangular distance, and purge gas can stagnate the inside of 1st barrel 5, and can flow towards the inside of 2nd barrel 6 that there is nothing. Furthermore, between the lens frame 21 of the lens L11 of the maximum upper case in 1st barrel 5, and the outer case 18, in order to prevent the leakage of purge gas, the airtight high bellows-like coat member 9 is formed as an example.

[0056] Moreover, the purge gas which flowed in 2nd barrel 6 passes opening of the space between the frame devices 13, the clearance by the side of the outside surface of a primary mirror M1, and the center of a primary mirror M1, reaches the upper part of a lens L2, and is exhausted through an exhaust pipe with bulb V15 from here. since [in this case,] the purge gas of a high grade is supplied also to the sealed cabin (sealed cabin where the wafer stage system is contained) where Wafer W is contained in this example -- the purge gas in 2nd barrel 6 -- Wafer W side from the perimeter of the lens L2 of the lowest edge -- being certain -- it grade-leaks, and even if it comes out, it does not interfere.

However, it is desirable to prepare a coat member so that between the perimeter of a lens L2 and the division lens-barrels 46 may be sealed to prevent runoff of the purge gas from the perimeter of a lens L2 to Wafer W side.

[0057] As mentioned above, according to the projection optical system of this

example, on both sides of the primary image (medium image) 3, the 1st image formation optical system K1 and the 2nd image formation optical system K2 are arranged, and the outer diameter of the optical element of the 1st image formation optical system K1 differs from the outer diameter of the optical element of the 2nd image formation optical system K2 greatly. Then, it is easy to hold all the optical elements that constitute a projection optical system by considering as the configuration which sandwiches the primary image 3, holds the 1st barrel of the 1st image formation optical system K1 by 5, and holds the 2nd barrel of the 2nd image formation optical system K2 by 6 mechanically.

[0058] Moreover, considering each optical element of cata-dioptic system, the yield of aberration when the direction of a reflective member shifts from a predetermined location becomes large far from a refraction member. Since this is set to 2 by the reflective member to a refractive index being before and after 0.5 in a refraction member, the variation of a refractive index when a location shifts is because it comes after 4 time forward by the reflective member to a refraction member with a Snell's law. It is thought that each barrels 5 and 6 are various causes even if an assembly is completed, and they, on the other hand, changes each other physical relationship delicately. However, it is expected that

it seldom changes since the relative position of the optical element in each barrel 5 and 6 is connected mutually and held.

[0059] From the above thing, all reflective members (M1, M2) like this example with the configuration arranged in one barrel 6. If it thinks that other barrels 5 displaced on the basis of the barrel 6 containing the reflective member even when the barrel 6 displaces temporarily, it means that only the refraction member had moved substantially and there is an advantage whose yield of aberration decreases compared with the case where the reflective member is independently distributed to two or more barrels.

[0060] In addition, it is [manufacture] easier to have enlarged the effective diameter of a reflector enough and for a refraction member to make the diameter of a raw material small to it, in order to utilize the capacity of a reflector enough by reflective refractive media generally. In order to cope with this, it is effective to allot the lens group which makes a medium image, makes the flux of light small comparatively, and makes a reflective member the main optical elements with the lens group of only a refraction member before and behind that. Thus, since the reflective member and the refraction member are divided before and behind the medium image in the projection optical system of the reflective refraction

mold which makes not only the projection optical system of this example but almost all the medium image while the outer diameter of the optical element within each barrel having gathered comparatively if a barrel is constituted in the unit, and being easy to hold the lens group which makes a medium image mechanically if it thinks, the yield of aberration can be made low.

[0061] Then, the regulating ability of the projection optical system of drawing 3 is explained. The page [8th] aspheric surface is included in the projection optical system of this example, and those fields have a possibility that about several micrometers may shift to the optical axis of a lens in the case of manufacture in it. For this reason, even if it assembled all lenses on the basis of the optical-axis core of a lens, there will be a possibility that the high order eccentric aberration by the aspheric surface having shifted may occur. In order to cope with this, it is the same as the number of the aspheric surfaces at least, or it is desirable to give eccentric regulating ability to the member of the number beyond it.

[0062] Moreover, big aberration will be generated if the reflective member is shifted from the design location as mentioned above. Therefore, when two or more reflective members (M1, M2) are included like this example, it is necessary to adjust the reflective member of another side to the reflective member which is

surely one side. For this reason, he is trying not to include only one reflective member in one maintenance block by this example, as the division lens-barrels 12 and 46 show.

[0063] Then, it explains per example of the manufacture procedure of this projection optical system. According to the projection optical system of this example, it is thought that the aberration usually generated by the reflective member is large. However, as a result of measuring the aberration of a projection optical system first, even if it turns out that large aberration has occurred, the aberration cannot specify in many cases where it has generated. If there is a projection optical system of the same design completed beforehand as a cure in such a case, how to exchange only one barrel by the projection optical system [finishing / the completion] and the projection optical system to be manufactured from now on can be considered. while exchanging for the 2nd barrel of the projection optical system [finishing / completion of 6 / the 2nd barrel] holding a reflective member in this example and observing the optical image of the projection optical system -- the division lens-barrels 12 and 46 in 2nd barrel 6 -- advancing side by side -- or a tilt is carried out and it adjusts. in this case, all the aberration generated when [at which only the 2nd barrel was

exchanged to the projection optical system completed from the first] it divided and came out, and it is and an optical image is observed was exchanged -- the 2nd barrel has occurred by 6. Therefore, if 6 [barrel / 2nd] is adjusted observing an optical image, 6 [barrel / 2nd] can be adjusted to the condition almost near an ideal location. Then, although 5 [barrel / 2nd / barrel / 1st] is doubled with 6 and adjusted, since [adjusted] what is necessary is to adjust only 5 [barrel / 1st] in this case, the whole projection optical system can be adjusted in a short time.

[0064] If the above adjustments are performed, the optical image approaches the design value gradually. However, since it cannot adjust to real time, looking at an optical image when performing adjustment between each division lens-barrel (maintenance block) even in such a case, where a projection optical system is once taken down from a support plate 11, there is a possibility that aberration may remain according to the adjustment tolerance of each division lens-barrel. In order to remove this residual aberration and to amend the aberration by atmospheric pressure fluctuation etc. further, it consists of projection optical systems of drawing 3 so that the vertical migration and the tilt to which five lenses L11, L12, L22-L24 met the optical axis by control from the

outside may be made. It is because it is sufficient number to amend the aberration and the eccentric aberration of the 3rd direction of an optical axis that the number of controllable optical elements is five. The 1st barrel of this adjustment device is altogether included in 5. It is because 6 consists of only reflective members (it is considered that a lens L2 is also a rear-face reflecting mirror), and generating of aberration is too large and it does not turn [barrel / 2nd] to fine adjustment by the reflective member. While being able to remove the aberration which remained at the end by using this adjustment device and being able to manufacture the projection optical system of homogeneous ability mostly with a design value eventually, an image formation property is maintainable in the ideal condition.

[0065] Moreover, the primary mirror M1 is held according to the frame device 13. By making it the frame structure, the attachment component of a reflecting mirror does not divide the ambient atmosphere inside a lens-barrel. It is possible to permute quickly by this, without producing residual (stagnation) gas, in case inert gas, such as helium, permutes the interior of a lens-barrel. Furthermore, lightweight-izing of the attachment component of a reflecting mirror is possible by making it the frame structure.

[0066] With reference to drawing 1 , drawing 5 - drawing 7 , it explains per projection optical system of [the gestalt of the 2nd operation], next the gestalt of operation of the 2nd of this invention. This example is also F2 as an exposure light. While using laser (main wavelength of 157.6nm), this invention is applied to the projection optical system of a straight cylinder mold with the reflective refraction mold equipped with two reflecting mirrors with which opening was formed near the optical axis, respectively, in drawing 5 - drawing 7 , the sign of the same or resemblance is given to the part corresponding to drawing 2 and drawing 3 , and the detail explanation is omitted.

[0067] First, drawing 1 is the conceptual diagram of the projection optical system of the gestalt of this 2nd operation, and is set to this drawing 1 . The projection optical system of this example consists of 1st image formation optical system K1 and 2nd image formation optical system K2. The light from the object point AP in the location of height Y of the location A on an optical axis AX forms the primary image (medium image) BP in the location of height β_1 and Y of a location B (β_1 is the real numbers other than zero) through the 1st image formation optical system K1. The light from the primary image BP forms the image point CP in the location of height β_1 , β_2 , and Y of a location C (β_2 is the real

numbers other than zero) through the 2nd image formation optical system K2. In this case, when the projection scale factor of the whole projection optical system is set to beta, it is $\beta = \beta_1$ and β_2 . It is materialized. Moreover, the 2nd image formation optical system K2 shall contain the reflective member.

[0068] In drawing 1, the image formation optical system K1 and K2 is mechanically held by the 1st barrel 5A and 2nd barrel 6A by one mutually-independent, respectively. In this case, in order considering the optimal point for holding Barrels 5A and 6A to maintain the image formation engine performance highly, even when Barrels 5A and 6B incline, the point that an image shift does not occur is desirable. Such a point is the point P1 which divides interiorly between a location A and locations B to $1:\beta_1$, when the 1st image formation optical system K1 acts by $-\beta_1$ time ($\beta_1 > 0$) about locations A and B. Because, set spacing of a location A and a point P1 to L1 by drawing 1, and since the point which is in a location A from the first is in the height of L1 and theta to the optical axis of the inclined optical system when only an include angle theta inclines, the 1st image formation optical system K1 Although the point in which this carries out image formation turns into a point of the height of $-\beta_1$, L1, and theta to the inclined optical axis, this is only a point

in the location B on the original optical axis. If similarly distortion is removed also about the point which has predetermined image quantity from the first even if optical system inclines, an image shift will not occur. Therefore, if barrel 5A is held in a field vertical to an optical axis AX through a point P1, even if barrel 5A inclines, an image shift will hardly occur. What is necessary is similarly, just to hold barrel 6A in a field vertical to an optical axis AX at the point P2 which divides interiorly between a location B and locations C by $1:\beta_2$, when the scale factor of the 2nd image formation optical system K2 which carries out image formation from a location B to a location C is β_2 .

[0069] Drawing 5 is the lens block diagram of the projection optical system of the gestalt of this 2nd operation, and is set to this drawing 5. The exposure light (illumination light) IL which passed the pattern of the reticle R arranged in the body side 1. The primary image (medium image) 3 is formed through the 1st image formation optical system K1, and the light from the primary image 3 forms the secondary image (the last image) of a reticle pattern in the front face of the wafer W arranged through the 2nd image formation optical system K2 in the image surface 4 for a cutback scale factor.

[0070] The 1st image formation optical system K1 consists of the 1st lens group

G1 which has forward refractive power, aperture-diaphragm AS, a 2nd lens group G2 which has forward refractive power, and a lens L30 of both the concave configuration with negative refractive power sequentially from the reticle side. Moreover, the main electric shielding member 2 which shades the light near the optical-axis AX in a different location from the installation side of aperture-diaphragm AS in the direction of an optical axis AX is arranged near the installation side of aperture-diaphragm AS.

[0071] The 2nd image formation optical system K2 consists of secondary mirrors M2 which have the primary mirror M1 which has the surface reflector which turned the concave surface to the wafer side sequentially from a reticle side, and has opening (light transmission section) 7 in the center, and the surface reflector which turned the concave surface to the reticle side, and have opening (light transmission section) 8 in the center. Moreover, the projection optical system of this example has the aspheric surfaces ASP1-ASP8 of eight sheets.

[0072] And the lens L11 of the meniscus configuration where the 1st lens group G1 turned the aspheric surface ASP 1 of a convex to the wafer side sequentially from the reticle side, It consists of the lens L12 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the reticle side, a lens L13 of the

meniscus configuration where the aspheric surface ASP 2 of a convex was turned to the wafer side, a lens L14 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 4 of concave was turned to the reticle side, and a lens L15 of both the convex configuration. Moreover, the lens L21 of both the convex configuration where the 2nd lens group G2 turned the aspheric surface ASP 4 of a convex to the reticle side sequentially from the reticle side, The lens L22 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the reticle side, and the lens L23 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 5 of a convex was turned to the reticle side, The lens L24 of both the convex configuration where the aspheric surface ASP 6 of a convex was turned to the reticle side, It consists of the lens L25 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 7 of concave was turned to the wafer side, a lens L26 of both the convex configuration, a lens L27 of both the convex configuration where the aspheric surface ASP 8 of a convex was turned to the reticle side, and a lens L28 of both the convex configuration.

[0073] In this way, in the projection optical system of drawing 5 , the light from the pattern of Reticle R forms the primary image (medium image) 3 of a reticle pattern through the 1st image formation optical system K1. The light from the

primary image 3 is reflected with a primary mirror M1, after being reflected with a secondary mirror M2 through the opening 7 of primary mirror M1 center. The light reflected with the primary mirror M1 forms the secondary image of a reticle pattern in the front face of Wafer W for a cutback scale factor through the opening 8 of the center of a secondary mirror M2.

[0074] Fluorite (CaF₂ crystal) is used for all the dioptrics members (lens component) that constitute the projection optical system of drawing 5 . Moreover, F2 which is exposure light It is CaF [as opposed to / the oscillation core wavelength of a laser beam is 157.624nm, and oscillation wavelength width of face is narrow-band-ized by 157.624nm**1pm extent, and / the main wavelength of 157.624nm]2. A refractive index is 1.559238. Furthermore, the configuration of the aspheric surface used by the projection optical system of this example is expressed with (1) type. The following table 2 is made equivalent to a table 1, and the value of the item of the projection optical system of this example is hung up.

[0075]

<<table 2>>

(Major characteristics)

$\lambda = 157.624 \text{ nm}$ $\beta = 0.2500$ $NA = 0.75$ $\phi = 16.4 \text{ mm}$ Spacing from a
 reticle side to the 1st page = 97.4647 mm Field number r d Optical material 1 -
 133.8316 35.0000 CaF2 2 (ASP1) -116.4714 1.0000 3 - 554.1774 20.5256
 CaF2 4 - 213.7250 25.1023 5 - 261.9616 20.0289 CaF2 6 (ASP2) -168.6391
 20.3246 7 (ASP3) -96.4098 25.0000 CaF2 8 -163.95185.8731 9 782.1145
 40.0000 CaF2 10 -194.0414 1.1373 11 (AS) infinity 20.649812 (ASP4) 104.9826
 24.2585 CaF2 13 - 1294.581610.7993 14 -152.5389 20.0000 CaF2 15 -
 858.7147 38.4039 16 (ASP5) 798.2520 20.1464 CaF2 17 198.7615 4.1296 18
 (ASP6) 261.7539 29.0815 CaF2 19 - 501.0834 63.3677 20 3299. 4456 30.0000
 CaF2 21 (ASP7) 360.6533 39.6971 22 1401. 839234.4568 CaF2 23 - 170.8148
 5.9831 24 (ASP8) 266.5085 24.4029 CaF2 25 - 370.3218 38.2791 26 255.6101
 39.9997 CaF2 27 -1343.1549 49.5384 28 -142.9084 21.2041 CaF2 29 112.3957
 14.2675 30 427.9297 284.4437 (virtual side)
 31 (M2) -3734.1426 -284.4437 32 (M1) 427.9297 284.4437 33 -3734.1426
 13.3911 (virtual side)

(Aspheric surface data)

ASP1 ASP2 ASP3 $\kappa = 0.0000$ $\kappa = 0.0000$ $\kappa = 0.0000$ $A = 7.4338$
 $\times 10^{-8}$ $A = -3.1895 \times 10^{-8}$ $A = -1.8862 \times 10^{-7}$ $B = 1.4821 \times 10^{-12}$ $B = 1.5252 \times 10^{-12}$

B=-2.5593 x10-12 C= 2.8340 x10-16 C=-1.5642 x10-16 C=-1.2889 x10-15

D=1.0465 x10-21 D= 1.0493x10-20 D=1.3308 x10-19E= 2.3982 x10-24

E=-7.2790 x10-25 E= 2.2662 x10-23 F=0.0 F= 0.0 F= 0.0 ASP4 ASP5

ASP6kappa= 0.0000 kappa= 0.0000 kappa= 0.0000A=-1.7279 x10-7 A=-7.8055

x10-8 A= 1.4844 x10-8B=-2.6931 x10-11 B= 2.4611x10-11 B=-1.7927 x10-11

C=-2.7058 x10-15 C=-3.3373 x10-15C= 3.0001 x10-15 D=-2.7673 x10-19

D=-5.8685 x10-19 D=3.4128 x10-19E=-8.2067 x10-23 E= 6.5684x10-23

E=-7.3746 x10-23 F=0.0 F=0.0F=0.0 ASP7 ASP8kappa= 0.0000

kappa=0.0000A= 9.0882 x10-8 A= 1.3982 x10-8B=-1.6366 x10-12B= 2.9315

x10-13C= 1.4369x10-16 C= 8.0049 x10-17D=-9.1173 x10-20 D=-2.5823

x10-20E= 4.3321 x10-24 E= 1.2241 x10-24F=0.0 F=0.0[0076] As mentioned

above, at the projection optical system of the reflective refraction mold of

drawing 5 , it is F2. While securing the image 0.75 side NA, without enlarging a

primary mirror M1 by small lens number of sheets to a laser beam, a 16.4mm

image circle is securable on a wafer. Next, it explains per configuration of the

lens-barrel at the time of applying the projection optical system of drawing 5 to a

projection aligner.

[0077] Drawing 6 is the sectional view showing the important section at the time

of carrying the projection optical system of drawing 5 in a projection aligner, and is set to this drawing 6 . It is held by 1st barrel 5A (lens-barrel unit) whose 1st image formation optical system K1 to lenses L11-L28 and a lens L30 is the aggregate of two or more division lens-barrels (maintenance block). The 2nd image formation optical system K2 which consists of a primary mirror M1 and a secondary mirror M2 is held by 2nd barrel 6A (lens-barrel unit) which is the aggregate of two or more division lens-barrels (maintenance block). Barrel 5A is attached in the top face of the support plate 11 of a projection aligner free [attachment and detachment], and barrel 6A is attached free [attachment and detachment] by the method hung on the base of the support plate 11.

[0078] First, 2nd barrel 6A connects two division lens-barrels 37 and 36 through the three vertical direction driver elements 15, and consists of reticle sides. And the flange of the division lens-barrel 36 is supported by ring-like supporter material 35B through the eccentric direction driver element 17, and supporter material 35B is supported so that it may hang through a splice 19 and the vertical direction driver element 14 to supporter material 34B of three V character molds fixed to the base around [which was established in the support plate 11] opening. Furthermore, a primary mirror M1 is held through the

eccentric direction driver element 17 in the division lens-barrel 37, the lens frame 38 is held through three splices 19 and the vertical direction driver element 15 in the division lens-barrel 36, and the secondary mirror M2 is held with the lens frame 38. The shift to the location of the optical-axis AX direction over the support plate 11 as the whole 2nd barrel 6A, a biaxial surrounding tilt angle, and the 2-way within a field vertical to an optical axis AX is controllable by this configuration (henceforth "5 control of the variation rate of a degree of freedom"). Furthermore, while the variation rate of five degrees of freedom to 2nd barrel 6A of a primary mirror M1 is controllable, the location of the optical-axis AX direction over 2nd barrel 6A of a secondary mirror M2 and the tilt angle around biaxial are controllable (henceforth "3 control of the variation rate of a degree of freedom").

[0079] Moreover, projection scale factor of the 2nd image formation optical system K2 (a primary mirror M1, secondary mirror M2) over the front face of the primary image 3 to the wafer W - If beta 2 the -- two -- a barrel -- six -- A -- a back face -- it is -- a splice -- 19 (soffit of supporter material 34B) -- a core -- a passage -- an optical axis -- AX -- being vertical -- a field -- primary -- an image -- three -- from -- a wafer -- W -- a front face -- up to -- an optical axis -- AX -- having met -- distance -- one -- : -- beta -- two -- dividing interiorly -- a point -- a passage -- a

field vertical to the optical axis AX -- almost -- touching -- **** . In this example, it is $\beta_2 = -0.49$. By this, even if 2nd barrel 6A rotates around the back face, the horizontal shift of a projection image does not arise.

[0080] 1st barrel 5A sequentially from a reticle side Next, active mold division lens-barrel 44A, While connecting division lens-barrel 45A, the active mold division lens-barrels 44B and 44C, the division lens-barrels 39 and 45B, and the active mold division lens-barrels 44D and 44E in the direction of an optical axis with a bolt (un-illustrating) in the location of three or more places, respectively and being constituted The flange of the division lens-barrel 39 of the middle is supported by ring-like supporter material 35A through the eccentric direction driver element 17. Supporter material 35A It is laid in supporter material 34A of three reverse the molds of V characters fixed to the top face around opening of a support plate 11 through the splice 19 and the vertical direction driver element 15. The variation rate of five degrees of freedom to the support plate 11 as the whole 1st barrel 5A is controllable by this.

[0081] Moreover, five active mold division lens-barrels 44A-44E contain the lens frame 41, the vertical direction driver element 20, and a spacer 42 to an outer case 40, respectively (such sequence may change), inside a spacer 42, fix the

lens frame 43, and are constituted through the eccentric direction driver element 17, and the lens is held in the lens frame 41 and 43, respectively. And five active mold division lens-barrels 44A-44E Lenses L11, L14, L22, L26, and L30 are held in the condition that control of the variation rate of five degrees of freedom can be performed, respectively. The active mold division lens-barrels 44A, 44B, and 44D hold lenses L12, L15, and L27 by the quiescent state, respectively, and hold two active mold division lens-barrels 44C and 44E in the condition that control of the variation rate of three degrees of freedom can do lenses L21 and L28 with lenses L22 and L30, respectively. Furthermore, the division lens-barrels 45A and 45B hold lenses L13 and L25 through the lens frame 41, respectively, and the division lens-barrel 39 holds lenses L23 and L24 through two lens frames 41.

[0082] And actuation of the vertical direction driver elements 14, 15, and 20 of all of drawing 6 and the eccentric direction driver element 17 is also controlled by the image formation property control system 27 of drawing 3 , and the same image formation property control system. Consequently, also in this example, while being able to drive easily the physical relationship of a primary mirror M1 and a secondary mirror M2 into a design value at the time of rigging of a projection optical system, the residual aberration after assembling 1st barrel 5A

can be reduced. Furthermore, an image formation property can be amended in an exposure process if needed.

[0083] Moreover, projection scale factor of the 1st image formation optical system K1 (lenses L11-L30) over the primary image 3 from the pattern side of Reticle R - If β_1 the -- one -- a barrel -- five -- A -- a back face -- it is -- a splice -- 19 -- a core (upper bed of supporter material 34A) -- a passage -- an optical axis -- AX -- being vertical -- a field -- reticle -- R -- a pattern -- a field -- from -- primary -- an image -- three -- up to -- an optical axis -- AX -- having met -- distance -- one -- : -- β_1 -- one -- dividing interiorly -- a point -- a passage -- a field vertical to the optical axis AX -- almost -- touching -- **** . In this example, it is $\beta_1 = -0.51$, and even if 1st barrel 5A rotates around the back face by this, the horizontal shift of a projection image does not arise.

[0084] In addition, although about 10mm of lenses L30 is downward from the primary image (medium image) 3, they consider mechanical balance and belong to 1st barrel 5A (the 1st image formation optical system K1). In this case, although a medium image turns into a virtual image, above-mentioned explanation does not necessarily change. Moreover, the page [8th] aspheric surface is included in the projection optical system of this example. Therefore,

there are more ten block structures (37 the division lens-barrels 44A, 45B, and 44B, -- 36) than this. By this, the physical relationship between the aspheric surfaces can be doubled with high degree of accuracy to a design value.

[0085] Next, drawing 7 is the top view of drawing 6 , and the vertical direction driver element 20 of drawing 6 is arranged in this drawing 7 in the locations 20A-20C of three places arranged by the equiangular distance centering on an optical axis AX. Moreover, the eccentric direction driver element 17 of drawing 6 consists of actuators 17A and 17C which do the variation rate of the lens frame 43 to the 2-way which intersects perpendicularly, and the two energization sections 17B and 17D which push the lens frame 43 to these actuators.

Furthermore, eight openings 43a for passing purge gas smoothly is formed in the lens frame 43.

[0086] Two or more openings for passing purge gas also like return and each lens frame 41 are formed in drawing 6 . The purge gas of the high grade supplied to the sealed cabin (reticle stage room) where nitrogen gas is used as purge gas in this example, and Reticle R is contained The purge gas which passed opening of each lens frames 41 and 43 in 1st barrel 5A of a projection optical system, resulted in 2nd barrel 6A, and flowed in 2nd barrel 6A It flows to

the sealed cabin (wafer stage room) where Wafer W is contained through opening (un-illustrating) prepared in the lens frame 38, and opening of the center section of the secondary mirror M2. In this case, in case purge gas permutes the gas inside a projection optical system, permuting quickly is possible, since much openings are formed in each lens frames 41 and 43, without producing residual (stagnation) gas. Furthermore, lightweight-izing of a reflecting mirror attachment component is also possible by making it hole vacancy structure.

[0087] Furthermore, in order to raise the airtightness of 1st barrel 5A, between the division lens-barrels 44A, 45A, and 44B and --, the O ring (un-illustrating) is infixed, respectively. Furthermore, coat member 9A of the shape of bellows which is elastic as an example is prepared, the elastic coat member (un-illustrating) is prepared so that the vertical direction driver element 15 between the division lens-barrels 36 and 36 may be covered, and it is constituted so that the open air may not mix from the side face of a projection optical system, so that the space between 1st barrel 5A and 2nd barrel 6A may be sealed. The purge gas inside a projection optical system is maintained by this at a high grade.

[0088] With reference to drawing 8 and drawing 9 , it explains per projection

optical system of [the gestalt of the 3rd operation], next the gestalt of operation of the 3rd of this invention. While ArF excimer laser (main wavelength of 193.3nm) is used for it as an exposure light, this example applies this invention to the projection optical system of the reflective refraction mold of ***** with which light passes through the outside of a predetermined reflecting mirror, in drawing 8 and drawing 9 , gives the sign of the same or resemblance to the part corresponding to drawing 2 - drawing 6 , and omits the detail explanation.

[0089] Drawing 8 is the lens block diagram of the projection optical system of the reflective refraction mold of this example, and is set to this drawing 8 . The projection optical system of this example The 1st image formation optical system G1 of the reflective refraction mold for forming the medium image I1 of the pattern of the reticle R in the body side 1 (the 1st page), It has the 2nd image formation optical system G2 of the refraction mold for forming the last image of a reticle pattern at a tele cent rucksack based on the light from the medium image I1 on the front face of the wafer W in the image surface 4 (the 2nd page). And the 1st image formation optical system G1 and the 2nd image formation optical system G2 are held by the 1barrel5B and 2nd barrel 6B, respectively.

[0090] First, the lens group L1 in which the 1st image formation optical system

G1 contains at least one positive lens component, Having the 1st reflector M1 in which the light which penetrated the lens group L1 is reflected, and the 2nd reflector M2 for leading the light reflected in the 1st reflector M1 to the 2nd image formation optical system G2, at least one side of the 1st and 2nd reflectors M1 and M2 is a concave surface reflector. The lens L11 of the meniscus configuration where the lens group L1 turned the concave surface to reticle sequentially from the reticle side as an example, It has the lens L12 of the forward refractive power of the meniscus configuration where the concave surface was turned to reticle, and the lens L13 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 1 of a convex was turned to reticle. A reflector M1 To reticle, it is the aspheric surface ASP 2 of concave, and a reflector M2 is the aspheric surface ASP 3 of concave to a reflector M1, and the lens L14 of both the concave configuration is arranged between the reflector M1 and the reflector M2.

[0091] On the other hand, as an example the 2nd image formation optical system G2 sequentially from a reticle side The lens L21 of both the convex configuration, The lens L22 of both the concave configuration where the aspheric surface ASP 4 of concave was turned to reticle, The lens L23 of both

the convex configuration, and the lens L24 of both the convex configuration where the aspheric surface ASP 5 of a convex was turned to reticle, The lens L25 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to reticle, and the lens L26 of both the convex configuration, It has the lens L27 of both the convex configuration where the aspheric surface ASP 6 of a convex was turned to the wafer, three lenses L28 and L29 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to the wafer, respectively, and L2A, and aperture-diaphragm AS is arranged near the plane of incidence of a lens L23.

[0092] And all the optical element components that the projection optical system of this example has are arranged on the optical axis AX of the shape of a single straight line, the body side 1 and the image surface 4 are flat surfaces almost parallel to mutual, and the exit pupil of the projection optical system is almost circular. Although fluorite (CaF_2 crystal) is used about one lens L24 among all the dioptics members (lens component) that constitute the projection optical system of drawing 8 , synthetic quartz (SiO_2) is used about the other lens.

Moreover, it is SiO_2 [as opposed to / the oscillation core wavelength of the ArF excimer laser light which is exposure light is 193.3nm, and oscillation wavelength width of face is narrow-band-ized by 193.3nm**0.48pm extent, and /

the main wavelength of 193.3nm]2. And CaF2 The refractive index is as follows.

[0093] SiO2 Refractive index: 1.5603261CaF2 Refractive index: The

configuration of the aspheric surface used by the projection optical system of the

example of 1.5014548 and also a book is expressed with (1) type. The following

table 3 is made equivalent to a table 1, and the value of the item of the projection

optical system of this example is hung up.

[0094]

<<table 3>>

(Major characteristics)

$\lambda = 193.3\text{nm}$ (main wavelength)

$\beta = 0.2500$ NA=0.75 Field number r d Optical material 1 - 211.97583

30.000000 SiO2 2 - 354.80161 35.347349 3 - 8888.21083 38.000000 SiO2 4 -

227.79960 0.944905 5 (ASP1) 303.84978 27.415767 SiO2 6 237634.15996

30.000000 7 (M2) infinity 214.776416 (virtual side)

8 -348.87932 12.000000 SiO2 9 4267.07121 5.579827 10(ASP2) -362.24910

-5.579827 (M1) 11 4267.07087 -12.000000 SiO2 12 -348.87932 -214.776416

13(ASP3) 642.80918 246.776416 (M2) 14 208.71115 33.000000 SiO2 15 -

2529.72930 257.546203 16 (ASP4)-1810.41832 14.500000 SiO2 17 851.98207

220.408225 18 15200.59096 30.000000 SiO₂ 19 - 268.76515 0.200000 20
 (ASP5) 434.96005 36.013163CaF₂ 21 - 345.83883 10.489902 22 - 215.91874
 20.000000 SiO₂ 23 - 619.95152 0.200000 24 415.08345 40.000000SiO₂ 25 -
 1275.90912 26.288090 26324.91386 35.000000 SiO₂ 27 (ASP6) -740.00769
 5.214992 28 140.91060 34.000000 SiO₂ 29 1406.88948 0.500000 30
 355.40083 17.506069 SiO₂ 31 98.27403 1.561573 32 105.2794475.940555
 SiO₂ 33 1597.37798 12.920542 (aspheric surface data)
 ASP1 ASP2 ASP3kappa= 0.000000 kappa= 3.260270 kappa= 1.840470A=
 0.743561x10⁻⁸ A= 0.859110x10⁻⁸ A= 0.198825x10⁻⁸B=-0.230589x10⁻¹² B=
 0.351935x10⁻¹² B= 0.556479x10⁻¹³C=-0.115168x10⁻¹⁷ C=-0.100064x10⁻¹⁵
 C= 0.597091x10⁻¹⁸D=-0.753145x10⁻²² D= 0.318170x10⁻¹⁹
 D=0.492729x10⁻²²E= 0.0 E=-0.489883x10⁻²³ E=-0.103460x10⁻²⁶F= 0.0 F=
 0.0 F= 0.0 ASP4 ASP5 ASP6kappa= 0.000000 kappa= 0.000000 kappa=
 0.000000A=-0.885983x10⁻⁷ A=-0.161380x10⁻⁷ A=
 0.138330x10⁻⁷B=-0.200044x10⁻¹¹ B= 0.153066x10⁻¹² B= 0.194125x10⁻¹²
 C=-0.570861x10⁻¹⁶ C= 0.108604x10⁻¹⁷ C=-0.258860x10⁻¹⁸ D=
 0.456578x10⁻²² D= 0.319975x10⁻²¹ D=-0.196062x10⁻²² E=-0.493085x10⁻²⁵
 E=-0.101080x10⁻²⁵ E= 0.363539x10⁻²⁶ F= 0.0 F= 0.0 F= 0.0 [0095] By having

stopped the image formation performance degradation by absorption of the ** material to be used, upwards, the projection optical system of the reflective refraction mold of this example is amended with sufficient balance of aberration in all the exposure fields, in spite of being a both-sides tele cent rucksack. Next, it explains per configuration of the lens-barrel at the time of applying the projection optical system of drawing 8 to a projection aligner.

[0096] Drawing 9 (a) is the sectional view showing the important section at the time of carrying the projection optical system of drawing 8 in a projection aligner, and is set to this drawing 9 (a). It is held by 1st barrel 5B (lens-barrel unit) whose 1st image formation optical system G1 which consists of lenses L11-L14 and a reflecting mirror with reflectors M1 and M2 is the aggregate of two or more division lens-barrels (maintenance block). The 2nd image formation optical system G2 which consists of a lens L21 - L2A is held by 2nd barrel 6B (lens-barrel unit) which is the aggregate of two or more division lens-barrels (maintenance block). 2nd barrel 6B is attached in the top face of the support plate 11 of a projection aligner free [attachment and detachment], and 1st barrel 5B is attached in the top face of the 2nd barrel 6B free [attachment and detachment].

[0097] First, 2nd barrel 6B connects the division lens-barrel 51, the active mold division lens-barrels 56B and 55B, division lens-barrel 56A, and active mold division lens-barrel 55A in the direction of an optical axis with a bolt (un-illustrating) sequentially from a reticle side in the location of three or more places, respectively, and is constituted. And the flange of the division lens-barrel 51 of an upper bed is fixed to the top face around [which was established in the support plate 11] opening through a non-illustrated bolt, and the lens L21 is supported through the frame device 53 established in the division lens-barrel 51 at the lens frame 52 and three places.

[0098] In this case, respectively two active mold division lens-barrels 55A and 55B contain the lens frames 52A and 52B, three splices 19, and the three vertical direction driver elements 20, and are constituted to an outer case 54, a lens is held through the frame device 53, respectively in lens frame 52A and 52B, and the lens is held through the frame device 53 in the upper part of the vertical direction driver element 20. And active mold division lens-barrel 55A holds lens L2A and L29 by the quiescent state, and holds them in the condition that control of the variation rate of three degrees of freedom can do a lens L28, and active mold division lens-barrel 55B holds lenses L25 and L24 by the quiescent state,

and holds them in the condition that control of the variation rate of three degrees of freedom can do a lens L23. Moreover, division lens-barrel 56A supports two lenses L27 and L26 by the quiescent state, and active mold division lens-barrel 56B is supported in three splices 19, the vertical direction driver element 20, and the condition that control of the variation rate of three degrees of freedom can do a lens L22 through a frame device.

[0099] Drawing 9 (b) is some bottom views showing the projection optical system of drawing 9 (a), and as shown in this drawing 9 (b), the frame device 53 consists of a rod member and two attachment components which support the both ends of this rod member in the pivotable condition, and it is in the condition to which the location of the lens for support arrived at the target position, and it is constituted so that that attachment component and its rod member may be fixed. It can flow by supporting a lens through this frame device 53, without purge gas piling up the interior of a projection optical system.

[0100] Return and 1st barrel 5B sequentially from a reticle side to drawing 9 (a) Active mold division lens-barrel 57B, While connecting division lens-barrel 56E and the active mold division lens-barrels 56D and 57A in the direction of an optical axis with a bolt (un-illustrating) in the location of three or more places,

respectively and being constituted, active mold division lens-barrel 57A of the bottom is being fixed to the top face of the division lens-barrel 51 of 2nd barrel 6B through the non-illustrated bolt. And division lens-barrel 56C is installed in the interior of active mold division lens-barrel 57A through three splices 19 and the vertical direction driver element 20, and the reflecting mirror which has a reflector M1 through a lens frame and the frame device 53 in division lens-barrel 56C, and the lens L14 are supported. The lens L14 and the reflecting mirror with a reflector M1 are supported by this in the condition that the variation rate of three degrees of freedom is made within active mold division lens-barrel 57A.

[0101] Moreover, inside active mold division lens-barrel 56D, the lens frame 52 is held through the eccentric direction driver element 17, and the reflecting mirror which has a reflector M2 on the lens frame 52 in three splices, the vertical direction driver element 20, and the condition that the variation rate of five degrees of freedom is made through a frame device is supported. Furthermore, while a lens L13 is supported by the quiescent state through a frame device in division lens-barrel 56E and a lens L11 is supported through lens frame 52C and a frame device inside active mold division lens-barrel 57B of the maximum upper case, the lens L12 is supported in three splices and the condition that the

variation rate of three degrees of freedom is made through the vertical direction driver element.

[0102] And actuation of the vertical direction driver element 20 of all of drawing 9 (a) and the eccentric direction driver element 17 is also controlled by the image formation property control system 27 of drawing 3 , and the same image formation property control system. Consequently, also in this example, while being able to drive easily into a design value the physical relationship of two reflecting mirrors which have reflectors M1 and M2 at the time of rigging of a projection optical system, the residual aberration after assembling Barrels 5B and 6B can be reduced. Furthermore, an image formation property can be amended in an exposure process if needed.

[0103] Moreover, in this example, argon gas (Ar) is used as purge gas. The purge gas supplied in 1st barrel 5B through the feed pipe with bulb V5 from active mold division lens-barrel 57B of the maximum upper case The purge gas which passed through between the frame devices 53 which support each lens or each reflecting mirror, resulted in 2nd barrel 6B, and flowed in 2nd barrel 6A flows to the sealed cabin (wafer stage room) where it passes through between the frame devices 53 which support each lens, and Wafer W is contained. In this

case, in case purge gas permutes the gas inside a projection optical system, permuting quickly is possible, since there is no obstruction between each frame device 53, without producing residual (stagnation) gas. Furthermore, lightweight-izing of a reflecting mirror attachment component is also possible by using the frame device 53.

[0104] Furthermore, in order to raise the airtightness of Barrels 5B and 6B, among the division lens-barrels 57B, --, 55A, the O ring (un-illustrating) is infixed, respectively. Furthermore, coat member 9B of the shape of bellows which is elastic as an example is prepared so that the side face of the lens L11 of the maximum upper case of 1st barrel 5B may be covered, and the purge gas inside a projection optical system is maintained by the high grade.

[0105] The page [6th] aspheric surface is included in the projection optical system of this example as mentioned above. Therefore, there are more nine block structures (the division lens-barrels 57B, 56E, and 56D, --, 56A, 55A) than the aspheric surface in the lens-barrel device. Moreover, while the variation rate of three degrees of freedom is possible for two reflecting mirrors with reflectors M1 and M2 respectively, a relative shift in a field vertical to an optical axis AX is possible for them.

[0106] With reference to drawing 10 - drawing 12 , it explains per projection optical system of [the gestalt of the 4th operation], next the gestalt of operation of the 4th of this invention. This example is F2 as an exposure light. While using laser (wavelength of 157nm), this invention is applied to the projection optical system of the reflective refraction mold using the reflecting mirror of the inside parting mold of two by which the hole was formed in the core, respectively, in drawing 10 - drawing 12 , the sign of the same or resemblance is given to the part corresponding to drawing 2 - drawing 9 , and the detail explanation is omitted.

[0107] Drawing 10 is the lens block diagram of the projection optical system of the reflective refraction mold of this example, and is set to this drawing 10 . The projection optical system of this example The 1st image formation optical system G1 of the refraction mold for forming the 1st medium image of the pattern of the reticle R in the body side 1 (the 1st page), It has the 3rd image formation optical system G2 of the refraction mold which forms the last image of a reticle pattern based on the light from the 2nd image formation optical system G2 and its 2nd medium image of the reflective refraction mold which forms the 2nd medium image from the light from the 1st medium image on the front face of the wafer W

in the image surface 4 (the 2nd page). And the image formation optical system G1 and G2 and G3 are held by 1st barrel 5C, 2nd barrel 6C, and 3rd barrel 5D, respectively.

[0108] although the projection optical system of this example is also a straight cylinder mold -- an overall length -- long (the example of a configuration of drawing 10 about 1450mm) -- an oscillation -- propagation -- being easy -- a sake -- an oscillation -- in order to suppress effect, three barrels 5C, 6C, and 5D are independently installed to the support plate of a projection aligner, respectively (refer to drawing 11). On the other hand, since this oscillation will get across also to barrel 5C if a configuration in which barrel 5C is temporarily carried in barrel 6C is adopted, and barrel 6C vibrates, it will not be desirable.

[0109] First, the lens L11 of the meniscus configuration where the 1st image formation optical system G1 turned the aspheric surface ASP 1 of concave to reticle sequentially from Reticle R side, The lens L12 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to reticle, and the lens L13 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 2 of concave was turned to the wafer, The lens L14 of the meniscus configuration where the convex was turned to reticle, and the lens L15 of the meniscus configuration

where the aspheric surface ASP 3 of concave was turned to the wafer, The lens L16 of the meniscus configuration where the convex was turned to reticle, and two lenses L17 and L18 of both the convex configuration, It has lens L1C of both the convex configuration which turned the aspheric surface ASP 5 of a convex to two lens L1A, L1B, and the wafers of the lens L19 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 4 of concave was turned to reticle, and the meniscus configuration where the convex was turned to reticle.

[0110] Next, the 2nd image formation optical system G2 has the 1st reflecting mirror M1 which turned the concave surface to the wafer in accordance with the optical axis AX sequentially from Reticle R side, the lens L21 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 6 of concave was turned to the wafer, the lens L22 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 7 of concave was turned to reticle, and the 2nd reflecting mirror M2 that turned the concave surface to reticle. In this example, since the 1st medium image and the 2nd medium image are formed in the field near the optical-axis AX of reflecting mirrors M1 and M2, respectively, the through hole (un-illustrating) for passing exposure light (illumination light) is formed in the field near the optical-axis AX of reflecting mirrors M1 and M2. In this case, the shield

factor to all the image formation flux of lights of that through hole (covered section) is 19.5% in NA ratio, and there is little effect which it has on the image formation engine performance.

[0111] The lens L31 of the meniscus configuration where 3rd image formation optical-system G3, on the other hand, turned the aspheric surface ASP 8 of concave to reticle sequentially from Reticle R side, The lens L32 of both the concave configuration, and the lens L33 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 9 of concave was turned to reticle, The lens L34 of the meniscus configuration where the concave surface was turned to reticle, and the lens L35 of both the concave configuration, The lens L36 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 10 of concave was turned to the wafer, The lens L37 of the meniscus configuration where the convex was turned to reticle, and the lens L38 of the meniscus configuration where the aspheric surface ASP 11 of concave was turned to the wafer, The lens L39 of the meniscus configuration where the convex was turned to reticle, and lens L3A of both the concave configuration which turned the aspheric surface ASP 12 of concave to reticle, It has lens L3B of a meniscus configuration which turned the convex to reticle, and aperture-diaphragm AS is arranged between the lens L36

and the lens L37.

[0112] And all the optical element components that the projection optical system of this example has are arranged on the optical axis AX of the shape of a single straight line, and are flat surfaces where the body side 1 and the image surface 4 are almost parallel to mutual. Moreover, the diameter of reflecting mirrors M1 and M2 is about 260mm or less, and since the effective diameter of the two greatest lenses L21 and L22 is about 246mm or less in the other lens and the effective diameter of other [the great portion of] lenses is about 183mm or less, the projection optical system of this example is designed by the compact.

[0113] All the dioptrics members (lens component) that constitute the projection optical system of drawing 10 are using fluorite (CaF_2 crystal). F2 which is exposure light The refractive index of the fluorite to the main wavelength of 157.6nm of laser is 1.5600000. Furthermore, the configuration of the aspheric surface used by the projection optical system of this example is also expressed with (1) type. However, in this example, all of the aspheric surface coefficient E in (1) type and the value of F are 0. The following table 4 and table 5 are made equivalent to a table 1, and the value of the item of the projection optical system of this example is hung up.

[0114]

<<table 4>>

(Major characteristics)

$\lambda = 157.6\text{nm}$ (main wavelength)

$\beta = 0.2500$ NA=0.75 Spacing from a reticle side to the 1st page =

50.912830mm Field number r d Optical material 1 (ASP1)-3000.00000

20.777380 CaF2 2 - 187.15560 92.403460 3 - 558.99669 25.971725 CaF2 4 -

210.93675 15.861605 5 263.61227 25.971725 CaF2 6 (ASP2) 1257.90730

13.3795067 150.00000 29.526565 CaF2 8 94.28503 30.499818 9 420.59234

20.800000 CaF2 10 (ASP3) 141.55197 13.169057 11 522.48173 20.722934

CaF2 12 155.53167 6.108278 13 1055. 46476 17.359120 CaF2 14 -130.14083

22.492621 15 671.87155 21.568896 CaF2 16 -160.00000 37.130352 17 (ASP4)

-225.56184 20.677950 CaF2 18 - 101.07298 14.929386 19

156.6082920.000000CaF2 20 241.096853.949536 21 191.75976 20.777380

CaF2 22 480.17990 3.469721 23 127.28576 33.411885 CaF2 24

(ASP5)-1587.54253 29.129562 25 238.26996 35.886388 Virtual side (M1) 26

376.45128 25.609160 CaF2 27 (ASP6) 150.58157 97.992889 28 (ASP7)

-194.22167 25.609160 CaF2 29-1120.36909 31.786896 30 - 246.29797

-31.786896 (M2) 31 - 1120.36909 -25.609160 CaF2 32 (ASP7)
 -194.22167-97.992889 33 (ASP6) 150.58157-25.609160 CaF2 34 376.45128
 -35.886388 35 238.26996 35.886388 (M1) 36 376.45128 25.609160 CaF2 37
 (ASP6) 150.58157 97.992889 38 (ASP7) -194.22167 25.609160 CaF2 39 -
 1120.36909 31.786896 40 - 246.2979731.010448 virtual side (M2) 41
 (ASP8)-3000.00000 43.702739 CaF2 42 - 126.02993 5.832116 43 - 506.82326
 18.699642 CaF2 44 619.13207 26.763769 45 (ASP9)-1377.00220 44.048046
 CaF2 46 - 126.12121 5.581666 47 - 3000.00000 31.166070 CaF2 48 -
 211.50805101.102525 49 -404.56272 18.699642 CaF2 50 3000. 00000
 18.000000 51321.09183 25.000000 CaF2 52 (ASP10) 3000.00000 31.200000
 53infinity 32.963838 AS 54 179.4904530.535668 CaF2 55 3000. 00000
 42.026705 56 228.90738 20.198128 CaF2 57 (ASP11) 3000.00000 1.123733
 58 100.73952 33.183232 CaF2 59 1100. 00000 6.964116 60
 (ASP12)-2754.43020 15.000000 CaF2 61 493.21390 6.00919562 164.38322
 40.068312 CaF2 63 2793.72651 13.234625 [0115]

<<table 5>>

(Aspheric surface data)

ASP1 ASP2 ASP3kappa= 0.000000 kappa= 0.000000 kappa=

0.000000A=-0.414199x10-7 A=-0.355346x10-7 A=-0.137576x10-6B=

0.101382x10-11 B= 0.293775x10-11 B=-0.430519x10-10C=-0.507220x10-17

C= 0.514678x10-17 C= 0.994337x10-14D= 0.410909x10-20 D=

0.170581x10-19 D=-0.468002x10-17 ASP4ASP5 ASP6kappa= 0.000000

kappa= 0.000000 kappa= 0.000000A=-0.144554x10-6 A= 0.223492x10-6

A=-0.161976x10-7B= 0.106034x10-10 B= 0.383833x10-11 B=-0.584652x10-12

C=-0.946352x10-15 C=-0.194220x10-14 C=-0.193271x10-16 D=

0.959437x10-20 D= 0.106429x10-17 D=-0.650552x10-21 ASP7 ASP8

ASP9kappa= 0.000000 kappa= 0.000000 kappa= 0.000000A=

0.132322x10-7A=-0.241471x10-6 A=-0.502983x10-7B= 0.673254x10-12

B=-0.189700x10-10 B= 0.363010x10-11C= 0.256289x10-16 C=

0.150133x10-14 C=-0.133698x10-16D= 0.413237x10-21 D=-0.600549x10-18

D=-0.278297x10-20 ASP10 ASP11 ASP12kappa= 0.000000 kappa= 0.000000

kappa= 0.000000A= 0.262291x10-7 A= 0.118587x10-7 A=-0.182017x10-7B=

0.174496x10-11 B=-0.220599x10-11 B=-0.884609x10-11 C= 0.726166x10-16

C= 0.904169x10-16 C= 0.715263x10-15 D=-0.125632x10-20

D=-0.814939x10-20 D=-0.161609x10-19[0116] The projection optical system of

the reflective refraction mold of this example is F2. While chromatic aberration is

amended by the wavelength width of face of 1pm extent to the main wavelength of laser, spherical aberration, comatic aberration, astigmatism, distortion aberration, etc. are amended good, and it has the outstanding image formation engine performance. Next, it explains per configuration of the lens-barrel at the time of applying the projection optical system of drawing 10 to a projection aligner.

[0117] Drawing 11 is the sectional view showing the important section at the time of carrying the projection optical system of drawing 10 in a projection aligner, and is set to this drawing 11 . It is held by 1st barrel 5C (lens-barrel unit) whose 1st image formation optical system G1 which consists of a lens L11 - L1C is the aggregate of two or more division lens-barrels (maintenance block). It is held by 2nd barrel 6C whose 2nd image formation optical system G2 which consists of reflecting mirrors M1 and M2 and lenses L21 and L22 is the aggregate of two or more division lens-barrels. The 3rd image formation optical system G2 which consists of a lens L31 - L3B is held by 3rd barrel 5D which is the aggregate of two or more division lens-barrels. 1st barrel 5C and 2nd barrel 6C are attached in the top face of the support plate 11 of a projection aligner free [attachment and detachment] mutually-independent, and 3rd barrel 5D is attached free

[attachment and detachment] in the form hung on the base around opening of the support plate 11.

[0118] First, 3rd barrel 5D connects active mold division lens-barrel 67E, the division lens-barrels 67D and 67C, active mold division lens-barrel 67A, and division lens-barrel 67B in the direction of an optical axis with a bolt (un-illustrating) sequentially from a reticle side fundamentally in the location of three or more places, respectively, and is constituted. And active mold division lens-barrel 67A of a center section is supported by ring-like supporter material 35B through the eccentric direction driver element 17, and it is connected so that supporter material 35B may be hung on the base of a support plate 11 through the three vertical direction driver elements 14 and a splice 19.

[0119] Moreover, division lens-barrel 67B of the bottom holds lens L3A of two sheets, and L3B by the quiescent state through the lens frame 68, respectively, and active mold division lens-barrel 67A on it is held in the condition that control of the variation rate of three degrees of freedom can do a lens L38 through three splices, the vertical direction driver element 20, and the lens frame 69 while it holds a lens L39 by the quiescent state. Two division lens-barrels 67C and 67D on it hold two lenses L35 and L36 and two lenses L33 and L34 by the quiescent

state, respectively, and they hold active mold division lens-barrel 67E of the maximum upper case in three splices and the condition that control of the variation rate of three degrees of freedom can do a lens L31 through the vertical direction driver element 20 while it holds a lens L32 by the quiescent state.

[0120] Next, 2nd barrel 6C connects the active mold division lens-barrels 64A and 64B in the direction of an optical axis with a bolt (un-illustrating) sequentially from a reticle side fundamentally in the location of three or more places, and is constituted. And upside active mold division lens-barrel 64A is supported by ring-like supporter material 35A through the eccentric direction driver element 17, and supporter material 35A is connected with the upper bed of supporter material 34A of three reverse the molds of V characters of the top face of a support plate 11 through the three vertical direction driver elements 15 and a splice.

[0121] In this case, active mold division lens-barrel 64A holds active mold division lens-barrel 65A in the condition that displacement control of three degrees of freedom can be performed through a splice and the vertical direction driver element 20, and active mold division lens-barrel 65A holds a reflecting mirror M1 by the quiescent state through the lens frame 66 while holding it in the

condition that the displacement control of three degrees of freedom can do a lens L21 through a splice, the vertical direction driver element 20, and a lens frame. Furthermore, active mold division lens-barrel 64B holds division lens-barrel 65B through the eccentric direction driver element 17, and division lens-barrel 65B holds a lens L22 and a reflecting mirror M2 by the quiescent state through a lens frame, respectively. Consequently, the reflecting mirrors M1 and M2 of two sheets are held free [a relative displacement] in the optical-axis AX direction and the tilt angle direction around biaxial free [relative displacement to the 2-way which intersects perpendicularly in a field vertical to an optical axis AX].

[0122] Next, 1st barrel 5C connects active mold division lens-barrel 63E, division lens-barrel 63D, active mold division lens-barrel 63C, two division lens-barrels 63B and 61, and active mold division lens-barrel 63A in the direction of an optical axis with a bolt (un-illustrating) sequentially from a reticle side fundamentally in the location of three or more places, respectively, and is constituted. And the flange of the division lens-barrel 61 of a center section is supported by ring-like supporter material 35C through the eccentric direction driver element 17, and supporter material 35C is connected with the upper bed of supporter material

34C of three reverse the molds of V characters of the top face of a support plate 11 through the three vertical direction driver elements 15 and a splice. In this case, supporter material 34C is being fixed to the outside of supporter material 34A for 2nd barrel 6C on the support plate 11.

[0123] And while active mold division lens-barrel 63A of the bottom holds lens L1B and L1C of two sheets by the quiescent state through a lens frame, respectively It holds in the condition that the displacement control of three degrees of freedom can do lens L1A through the vertical direction driver element 20. The division lens-barrel 61 on it Holding three lenses L17-L19 by the quiescent state through a lens frame, division lens-barrel 63B on it holds two lenses L15 and L16 by the quiescent state through a lens frame. Furthermore, while holding the active mold division lens-barrel 63C in the condition that the displacement control of three degrees of freedom can do a lens L14 through three splices, the vertical direction driver element 20, and a lens frame A lens L13 is held by the quiescent state, division lens-barrel 63D on it holds a lens L12 by the quiescent state, and active mold division lens-barrel 63E of the maximum upper case is held in the condition that the displacement control of three degrees of freedom can do a lens L11 through three splices 19, the vertical direction

driver element 20, and a lens frame.

[0124] Thus, three barrels 5C, 6C, and 5D holding the projection optical system of this example are supported in the condition that the displacement control of three degrees of freedom can do five lenses except 2nd barrel 6C while they is supported in the condition that displacement control of five degrees of freedom can be performed to a support plate 11, respectively. Actuation of the vertical direction driver elements 14, 15, and 20 of all of drawing 11 and the eccentric direction driver element 17 is also controlled by the image formation property control system 27 of drawing 3 , and the same image formation property control system. Consequently, also in this example, while being able to drive easily the physical relationship of reflecting mirrors M1 and M2 into a design value at the time of rigging of a projection optical system, the residual aberration after assembling Barrels 5C, 6C, and 5D can be reduced. Furthermore, an image formation property can be amended in an exposure process if needed.

[0125] Moreover, the purge gas which argon gas (Ar) is supplied to the interior of the projection optical system of this example as purge gas, and was supplied in 1st barrel 5C through the feed pipe with bulb V5 from active mold division lens-barrel 63E of the maximum upper case passes opening (un-illustrating) of

the lens frame which supports each lens or each reflecting mirror, and results in 2nd barrel 6C. Drawing 12 is the top view which looked at 2nd barrel 6C of the projection optical system of drawing 11 along with CC line, and as shown in this drawing 12 , much opening 66a is formed in the lens frame 66 holding a reflecting mirror M1 by the equiangular distance.

[0126] Much openings are formed also in the lens frame which holds return, other lenses (except for the lens L11 of the maximum upper case), and a reflecting mirror M2 to drawing 11 , respectively. Consequently, the purge gas which flowed the inside of 2nd barrel 6C passes through the inside of 3rd barrel 5D, and flows to the sealed cabin (wafer stage room) where Wafer W is contained. Thus, it can flow by using the lens frame 66 grade which has much openings, without purge gas piling up the interior of a projection optical system. Furthermore, lightweight-izing of a reflecting mirror attachment component is also possible by using the lens frame 66.

[0127] Furthermore, in order to raise the airtightness between Barrels 5C and 6C and 5D, between barrel 5C and barrel 6C and between barrel 6C and barrel 5D, the coat members 9C and 9D of the shape of bellows which is elastic as an example, respectively are formed, and the purge gas inside a projection optical

system is maintained by the high grade. Moreover, in drawing 11 , when it inclines, respectively, as for each barrels 5C, 6C, and 5D, it is desirable that horizontal gap of an image holds in the location which is the hardest to generate. for this reason -- being alike -- the point that that barrel divides interiorly between the k-th page and $(k+1)$ sides by $1:\beta_k$ in accordance with an optical axis AX like the gestalt of the 2nd operation when the scale factor of the image which the k-th barrel ($k=1, 2, \dots$) forms is $-\beta_k$ ($\beta_k > 0$) -- a passage -- a flat surface vertical to that optical axis AX -- what is necessary is just to hold in near Even if the count of this explanation in which a medium image is formed on the way increases, it does not change at all in essence.

[0128] In this example, the medium image is formed in the location of 626mm and 830mm from the location of the pattern side of Reticle R as an example at the wafer side, respectively. Moreover, it is -0.35 times, -0.99 times, and -0.72 times the image formation scale factor in that case of this, respectively in the 1st image formation optical system G1 (1st barrel 5C), the 2nd image formation optical system G2 (2nd barrel 6C), and 3rd image formation optical-system G3 (3rd barrel 5D). Moreover, it is -0.25 times the scale factor of the whole projection optical system of this. Therefore, as for the maintenance location of

1st barrel 5C, 2nd barrel 6C, and 3rd barrel 5D, it is desirable respectively that it is in the location of 464mm, 729mm, and 1190mm from the pattern side of Reticle R. Moreover, as for the core of the support plate 11 which supports the whole projection optical system, it is desirable that it is in the location (that is, location of the pattern of Reticle R to 1160mm) which divides the object point and the image point interiorly by 1:0.25.

[0129] Moreover, as for the projection optical system of this example, page [12th] aspheric surface processing is performed. Therefore, three barrels 5C, 6C, and 5D are divided into more 13 blocks than 12 pieces. In addition, in the gestalt of each above-mentioned operation, if there are two or more aspheric surfaces included in each blocks (for example, active mold division lens-barrels 22A-22E of drawing 3 etc.), when the aspheric surfaces are carrying out eccentricity greatly, it is difficult to amend the high order eccentric aberration by the aspheric surface generated with the block. Therefore, as for the aspheric surface included in one block, it is desirable that it is the 1st [or less] page. All the gestalten of each above-mentioned operation fulfill this condition.

[0130] With reference to drawing 13 - drawing 15 , it explains per projection optical system of [the gestalt of the 5th operation], next the gestalt of operation of

the 5th of this invention. This example is F2 as an exposure light. While using laser (wavelength of 157nm), this invention is applied to the projection optical system of the reflective refraction mold which has two optical-path bending mirrors, in drawing 13 - drawing 15 , the sign of the same or resemblance is given to the part corresponding to drawing 2 - drawing 12 , and the detail explanation is omitted.

[0131] Drawing 13 is the lens block diagram of the projection optical system of the reflective refraction mold of this example, and is set to this drawing 13 . The projection optical system of this example The 1st image formation optical system G1 of the refraction mold for forming the 1st medium image of the pattern of the reticle R in the body side 1 (the 1st page), It has the 3rd image formation optical system G2 of the refraction mold which forms the last image of a reticle pattern based on the light from the 2nd image formation optical system G2 and its 2nd medium image of the reflective refraction mold which forms the 2nd medium image from the light from the 1st medium image on the front face of the wafer W in the image surface 4 (the 2nd page).

[0132] Near the formation location of the 1st medium image which the 1st image formation optical system G1 forms, the 1st optical-path bending mirror AM is

arranged. The 1st optical-path bending mirror AM deflects the flux of light which faces to the 1st medium image, or the flux of light from the 1st medium image toward the 2nd image formation optical system G2. The 2nd image formation optical system G2 has the negative lens group G4 which consists of lieberkuhn CM and at least one lens, and forms the 2nd medium image (being the image of the 1st medium image secondary image of a reticle pattern) of actual size near the formation location of the 1st medium image mostly with the 1st medium image based on the flux of light from the 1st medium image.

[0133] Near the formation location of the 2nd medium image which the 2nd image formation optical system G2 forms, the 2nd optical-path bending mirror BM is arranged. The 2nd optical-path bending mirror BM deflects the flux of light which faces to the 2nd medium image, or the flux of light from the 2nd medium image toward 3rd image formation optical-system G3 of a refraction mold. Here, the reflector of the 1st optical-path bending mirror AM and the reflector of the 2nd optical-path bending mirror BM are positioned so that it may not overlap spatially. 3rd image formation optical-system G3 forms the cutback image (being the image of the 2nd medium image the last image of cata-dioptric system) of the pattern of Reticle R based on the flux of light from the 2nd medium image on

the wafer W as a photosensitive substrate arranged at the 2nd page parallel to the 1st page.

[0134] such image formation optical system G1 and G2 and G3 are shown in drawing 14 -- as -- respectively -- the 1barrel5E, 2nd barrel 6D, and the 3rd -- it is held by barrel 5F. Although the projection optical system of this example is carried out the shaft which has two opticals axis outside and it is a mold, unlike the above-mentioned operation gestalt, three barrels 5E, 6D, and 5F are installed in one. After setting up a projection optical system is finished saying "install in one", the condition of being fixed mutually can be pointed out, and at the time of setting up, those locations and spacing can change mutually three barrels 5E, 6D, and 5F. [which is said here]

[0135] The chromatic aberration produced in the 1st image formation optical system G1 and 3rd image formation optical-system G3 which are the dioptric system containing two or more lenses, and the PETTSU bar sum of a positive value are compensated with this example by the lieberkuhn CM of the 2nd image formation optical system G2. Moreover, the 2nd image formation optical system G2 becomes possible [forming the 2nd medium image near the 1st medium image] by the configuration which has the image formation scale factor

of actual size mostly. In this example, by performing optical-path separation [near these two medium images], it can carry out the distance from the optical axis of an exposure field (namely, effective exposure field), i.e., a shaft, outside, and an amount can be set up small. This not only becomes advantageous in respect of aberration amendment, but becomes advantageous also in respect of the miniaturization of optical system, optical adjustment, a machine design, a manufacturing cost, etc.

[0136] The 2nd image formation optical system G2 pays alone compensation of the chromatic aberration produced in the 1st image formation optical system G1 and 3rd image formation optical-system G3, and the PETTSU bar sum of a positive value. For this reason, it is necessary to both set up greatly the power of the lieberkuhn CM which constitutes the 2nd image formation optical system G2, and the negative lens group G4. If the symmetric property of the 2nd image formation optical system G2 collapses, the yield of unsymmetrical chromatic aberration like the chromatic aberration of magnification or color comatic aberration will become large, and it will become impossible therefore, to acquire sufficient resolution. So, in this example, by adopting the configuration which can set mostly the image formation scale factor of the 2nd image formation optical

system G2 as actual size, and can arrange Lieberkuhn CM near the pupil position, good symmetric property was secured and it has succeeded in preventing generating of above-mentioned unsymmetrical chromatic aberration.

[0137] Moreover, in this example, although the optical-path bending mirrors AM and BM are made to serve a double purpose by one reflecting mirror block FM, they may form the optical-path bending mirrors AM and BM from two flat-surface mirrors. And in this example, the nodal line of the virtual extension side (virtual side which extends a plane reflector to infinity and is acquired) of the reflector of the 1st optical-path bending mirror AM, and the virtual extension side of the reflector of the 2nd optical-path bending mirror BM is set up so that the optical axis AX1 of the 1st image formation optical system G1, the optical axis AX2 of the 2nd image formation optical system G2, and the optical axis AX3 of 3rd image formation optical-system G3 may be crossed at one point (reference point). Since it becomes possible to set up by this configuration so that the optical axis AX1 of the 1st image formation optical system G1 and the optical axis AX3 of 3rd image formation optical-system G3 may turn into a common optical axis and becomes possible to especially position three optical axis AX1-AX3 and two reflectors in relation to one reference point, the increase of

stability, optical adjustment, and the machine design of optical system become easy. Moreover, by setting up so that the optical axis AX1 of the 1st image formation optical system G1 and the optical axis AX3 of 3rd image formation optical-system G3, and the optical axis AX2 of the 2nd image formation optical system G2 may cross at right angles, the optical adjustment with a still higher precision becomes easy, and the still higher stability of optical system can be attained.

[0138] Next, the configuration of each image formation optical system G1 and G2 and G3 is explained. The negative meniscus lens L11 with which the 1st image formation optical system G1 turned the concave surface of an aspheric surface configuration to the wafer side sequentially from the reticle side, A biconvex lens L12, a biconvex lens L13, a biconvex lens L14, and the negative meniscus lens L15 that turned the convex to the reticle side, The positive meniscus lens L16 which turned the concave surface of an aspheric surface configuration to the reticle side, It consists of the positive meniscus lens L17 which turned the concave surface to the reticle side, a positive meniscus lens L18 which turned the concave surface to the reticle side, a biconvex lens L19, and a positive meniscus lens L110 which turned the convex to the reticle side.

[0139] Moreover, the 2nd image formation optical system G2 consists of a negative meniscus lens L21 which turned the concave surface to the reticle side sequentially from the reticle side (namely, incidence side), a negative meniscus lens L22 which turned the concave surface of an aspheric surface configuration to the reticle side, and lieberkuhn CM along with the progress outward trip of light, and the negative lens group G4 consists of two negative meniscus lenses L21 and L22. In this case, it can consider that two optical-path bending mirrors AM and BM are a part of 2nd image formation optical system G2.

[0140] Furthermore, the biconvex lens L31 with which 3rd image formation optical-system G3 turned the convex of an aspheric surface configuration to the reticle side sequentially from the reticle side along the travelling direction of light, A biconvex lens L32, a biconvex lens L33, a biconcave lens L34, and the positive meniscus lens L35 that turned the convex to the reticle side, Aperture-diaphragm AS and the biconvex lens L36 which turned the convex of an aspheric surface configuration to the wafer side, It consists of a biconvex lens L37, the positive meniscus lens L38 which turned the convex to the reticle side, a positive meniscus lens L39 which turned the convex to the reticle side, a biconcave lens L310, and a plano-convex lens L311 which turned the flat

surface to the wafer side.

[0141] All the dioptrics members (lens component) that constitute the projection optical system of drawing 13 are using fluorite (CaF₂ crystal). F₂ which is exposure light The refractive index of the fluorite to the main wavelength of 157.6nm of laser is 1.559238. Furthermore, the configuration of the aspheric surface used by the projection optical system of this example is also expressed with (1) type. However, in this example, all of the aspheric surface coefficient E in (1) type and the value of F are 0. The following table 6 and table 7 are made equivalent to a table 1, and the value of the item of the projection optical system of this example is hung up.

[0142]

<<table 6>>

(Major characteristics)

$\lambda = 157.624\text{nm}$ $\beta = -0.25$ $\text{NA} = 0.75$ Spacing from a reticle side to the 1st

page = 129.131192mm side number r d Optical material 1 8233.14221

20.000000 CaF₂ (lens L11)

2 (ASP1) 229.43210 8.9706773 286.74048 31.000034 CaF₂ (lens L12)

4 -803.12188 1.0000005 666.75874 33.633015 CaF₂ (Lens L13)

6 -296.74142 1.0000007 180.00000 38.351830 CaF2 (Lens L14)

8 -2028.08028 13.2622409 201.14945 12.933978 CaF2 (Lens L15)

10 128.43682 221.62114211 (ASP2)-127.65364 20.866949 CaF2 (Lens L16)

12 -120.00000 1.00000013 -302.13109 23.424817 CaF2 (Lens L17)

14 -150.00000 1.00000015 -1158.54680 23.049991 CaF2 (Lens L18)

16 -228.52501 1.00000017 433.60390 22.934308 CaF2 (Lens L19)

18 -656.20038 1.00000019 188.30389 21.335899 CaF2 (Lens L110)

20 563.10068 86.00000021 Infinity -273.261089 (1st Optical-Path Bending
Mirror AM)

22 114.73897 -12.000000 CaF2 (Lens L21)

23 453.07648 -16.35580324 (ASP3) 172.15013 -13.328549 CaF2 (Lens L22)

25 395.88538 -28.22731226 162.85844 28.227312 (Lieberkuhn CM)

27 395.88538 13.328549 CaF2 (Lens L22)

28 (ASP3) 172.15013 16.35580329 453.07648 12.000000 CaF2 (lens L21)

30 114.73897 273.26108931 Infinity -94.835481 (2nd Optical-Path Bending
Mirror BM)

32 (ASP4)-774.94652 -26.931959 CaF2 (lens L31)

33 275.96516 -1.00000034 -376.08486 -31.371246 CaF2 (Lens L32)

35 388.08658 -1.00000036 -219.25460 -29.195314 CaF2 (Lens L33)

37 4359.72825 -32.80980238 505.14516 -12.000000 CaF2 (Lens L34)

39 -128.75641 -209.39617240 -180.58054 -24.481519 CaF2 (Lens L35)

41 -331.81286 -14.33633942 Infinity -30.366910 (Aperture-Diaphragm AS)

43 -1502.56896 -24.392042 CaF2 (Lens L36)

44 (ASP5) 933.76923 -1.00000045 -357.34412 -25.686455 CaF2 (lens L37)

46 2099.98513 -1.00000047 -163.08575 -32.557214 CaF2 (Lens L38)

48 -631.02443 -1.00000049 -124.04732 -35.304921 CaF2 (Lens L39)

50 -639.72650 -18.53631551 467.75212 -40.196625 CaF2 (Lens L310)

52 -616.22436 -1.00000053 -95.47627 -38.068687 CaF2 (Lens L311)

54 Infinity -11.016920 (Wafer Side)

[0143]

<<table 7>>

(Aspheric surface data)

(ASP1) (ASP2) kappa= 0.000000 (ASP3) kappa= 0.000000 kappa=0.000000A=
0.174882x10-7 A=-0.130822x10-7 A=-0.293460x10-7B=-0.593217x10-12 B=
0.512133x10-12 B=-0.868472x10-12C=-0.194756x10-16 C= 0.875810x10-16
C=-0.848590x10-17D= 0.677479x10-21 D= 0.138750x10-19

$D = -0.159330 \times 10^{-22}$ $E = -0.212612 \times 10^{-25}$ $E = -0.203194 \times 10^{-25}$ $E =$

0.868714×10^{-26} $F = -0.320584 \times 10^{-30}$ $F = 0.241236 \times 10^{-27}$ $F = -0.116970 \times 10^{-29}$

(ASP4) $\kappa = 0.000000$ (ASP5) $\kappa = 0.000000$ $A = 0.253400 \times 10^{-7}$

$A = -0.140105 \times 10^{-7}$ $B = -0.505553 \times 10^{-12}$ $B = -0.779968 \times 10^{-12}$ $C = 0.151509 \times 10^{-16}$

$C = -0.148693 \times 10^{-16}$ $D = -0.433597 \times 10^{-21}$ $D = 0.100788 \times 10^{-21}$ $E =$

0.841427×10^{-26} $E = -0.251962 \times 10^{-25}$ $F = 0.165932 \times 10^{-30}$ $F = 0.104216 \times 10^{-29}$

[0144] As mentioned above, F2 whose main wavelength is 157.624nm in the

projection optical system of the reflective refraction mold of drawing 13 While

securing the image 0.75 side NA by small lens number of sheets to a laser beam,

an image circle with a radius of 14.6mm is securable on a wafer. Therefore,

when the projection optical system of drawing 13 is applied to a projection

aligner, high resolving of 0.1 micrometers or less can be attained. Moreover,

when applying the projection optical system of drawing 13 to the projection

aligner of step - and - scanning method, the exposure field on a wafer can be set

up 22mmx6.6mm in the shape of a rectangle.

[0145] Next, it explains per configuration of the lens-barrel at the time of applying

the projection optical system of drawing 13 to a projection aligner. Drawing 14 is

the sectional view showing the important section at the time of carrying the

projection optical system of drawing 13 in a projection aligner, and is set to this drawing 14 . The 1st image formation optical system G1 which consists of lenses L11-L110 is held in accordance with an optical axis AX1 by 1st barrel 5E (lens-barrel unit) which is the aggregate of two or more division lens-barrels (maintenance block). The 2nd image formation optical system G2 which consists of the optical-path bending mirrors AM and BM (reflecting mirror block FM), lenses L21 and L22, and a concave mirror CM is held in accordance with an optical axis AX2 by 2nd barrel 6D which is the aggregate of two or more division lens-barrels. the 3rd whose 3rd image formation optical system G2 which consists of lenses L31-L311 is the aggregate of two or more division lens-barrels -- it is held by barrel 5F in accordance with the optical axis AX3. In addition, optical axis AX1 and AX3 are coaxes, and the optical axis AX2 lies at right angles to these optical axis AX1 and AX3.

[0146] Here, 1st barrel 5E is attached in the top face of 2nd barrel 6D, and 2nd barrel 6D is attached in the 3rd barrel top face of five F. and the 3rd -- barrel 5F are carried in opening of the support plate 11 of the body of a projection aligner. Next, the configuration of each barrels 5E, 5F, and 6D is explained. first, the 3rd -- barrel 5F connect two or more division lens-barrels 76A-76C, the active mold

division lens-barrel 77, and the division lens-barrels 78, 76D, 79, 76E-76J in the optical-axis AX3 direction with a bolt (un-illustrating) in the location of three or more places, respectively, and are constituted. And the division lens-barrels 76A-76J have the lens frames 80A-80J which hold lenses L31-L311, respectively. Here, opening for passing purge gas smoothly like above-mentioned drawing 7 and the example of drawing 12 is prepared in the lens frames 80A-80I. And to the outer case section 18, the active mold division lens-barrel 77 arranges the lens frame 81, and is constituted through the splice 19 which can rotate freely in the location of three places, and the vertical direction driver element 20, and the optical element (lens L34) is held in the lens frame 81.

[0147] Drawing 15 is the perspective view showing the active mold division lens-barrel 77, and the vertical direction driver element 20 is attached in three places of 120-degree spacing centering on the optical axis AX3 in this drawing 15. The variation rate of three degrees of freedom of the direction where the lens L34 met the optical axis AX3 to the outer case section 18 of the active mold division lens-barrel 77 by actuation of these three vertical direction driver elements 20, and the hand of cut centering on two shafts which intersect

perpendicularly with an optical axis becomes possible. In addition, two or more opening 81a for passing purge gas smoothly is prepared in the lens frame 81.

[0148] Unlike the above-mentioned operation gestalt, in return and this operation gestalt, the lens frames 80A-80J for holding a lens are formed in drawing 14 in one with the outer case section (joining segment) which are the division lens-barrels 76A-76J. In addition, the outer case section and the lens frames 80A-80J of these division lens-barrels 76A-76J may be connected with kinematic one with an elastic hinge etc. In this case, there is an advantage which does not have a possibility that the stress concerning the division lens-barrels 76A-76J may get across to lenses L31-L311 through the lens frames 80A-80J, and does not have a possibility of causing the image formation performance degradation by lenses L31-L311 carrying out a strain. In addition, the same effectiveness is acquired even if it connects with kinematic one the part which a part for a lens attaching part and opening in the lens frames 80A-80J are prepared, and is connected to the outer case section of the division lens-barrels 80A-80J with an elastic hinge etc.

[0149] moreover, the 3rd -- in barrel 5F, a part for the flange for connecting with the support plate 11 of the body of an aligner is prepared in the division

lens-barrel 78, and adjustable aperture-diaphragm AS for making numerical aperture of a projection optical system adjustable is prepared in the division lens-barrel 79. Now, while connecting with 1st barrel 5E on the top face, 2nd barrel 6D Division lens-barrel 73A which is an underside, is connected with barrel [3rd] five F, and contains the optical-path bending mirrors AM and BM (reflecting mirror block FM), The division lens-barrels 73B and 73C which contain lenses L21 and L22, and division lens-barrel 73D which contains Lieberkuhn CM, It has division lens-barrel 73E used as the purge lid in 2nd barrel 6D, and these division lens-barrels 73A-73E are connected with the optical-axis AX 2-way with the bolt (un-illustrating) in the location of three or more places, respectively.

[0150] here -- division lens-barrel 73A -- the 1barrel5E and the 3rd -- it connects with barrel 5F in the optical-axis AX1 (AX3) direction with the bolt (un-illustrating) in the location of three or more places, respectively. And division lens-barrel 73A has arm 74A, and this arm 74A holds the reflecting mirror block FM through attaching part 75A. Moreover, the division lens-barrels 73B and 73C have the lens frames 74B and 74C which hold lenses L21 and L22, respectively. Here, opening for passing purge gas smoothly like above-mentioned drawing 7 and

the example of drawing 12 is prepared in the lens frames 74B and 74C. Division lens-barrel 74D has lens frame 74D holding a concave mirror CM.

[0151] 1st barrel 5E sequentially from a reticle side Now, division lens-barrel 70A, active mold division lens-barrel 71A, Division lens-barrel 70B, active mold division lens-barrel 71B, division lens-barrel 70C, active mold division lens-barrel 71C, division lens-barrel 70D, active mold division lens-barrel 71D, and the division lens-barrels 70E and 70F are connected in the optical-axis AX1 direction with a bolt (un-illustrating) in the location of three or more places, respectively, and it is constituted. Division lens-barrel 70F are connected in the optical-axis AX1 direction with the bolt (un-illustrating) here in division lens-barrel 73A of 2nd barrel 6D, and the location of three or more places.

[0152] Here, the configurations of division lens-barrel 70A differ in that opening is not prepared in a lens frame in the above-mentioned division lens-barrels 76A-76J. Moreover, since the configuration of the division lens-barrels 70B-70F is the same as that of the above-mentioned division lens-barrels 76A-76J, explanation is omitted here. Moreover, the configuration of the active mold division lens-barrels 71A-71D is the same as that of the above-mentioned active mold division lens-barrel 77, and is supporting the optical element (lenses L12,

L14, L16, and L18) in the condition that control of three degrees of freedom of optical-axis AX1 direction and the hand of cut about biaxial [which intersects perpendicularly with an optical axis AX1] can be performed, respectively.

[0153] In the example of drawing 14 , the feed pipe with bulb V5 is connected to active mold division lens-barrel 71A of 1st barrel 5E, and the feed pipe with bulb V5 is connected to division lens-barrel 73D of 2nd barrel 6D. The purge gas of the high grade by which temperature control was carried out is supplied to the interior of a projection optical system through these feed pipes. This purge gas flows the inside of each barrels 5E and 6D and 5F through opening prepared in the lens frame, and is discharged in the exterior of a projection optical system from an exhaust pipe with the 3rd barrel 5 bulb V15 connected to division lens-barrel 76J of F.

[0154] Two or more reflective members (FM, CM) are included, and it is necessary to adjust the reflective member of another side to one reflective member like an above-mentioned operation gestalt in this example. Then, he is trying not to include only one reflective member in one maintenance block by this example, as the division lens-barrels 73A and 73D show. Then, an example of the manufacture procedure of this projection optical system is explained briefly.

The projection optical system of this example consists of 1st and 3rd image formation optical system G1 of a refraction mold, and G3 and the 2nd image formation optical system G2 of a reflective refraction mold. It is related with the 1st and 3rd image formation optical system G1 of a refraction mold, and G3. It finishes setting up, performing eccentric adjustment and spacing adjustment of each division lens-barrel and each activity mold division lens-barrel like the projection optical system of the conventional refraction mold measuring the 1st and 3rd image formation optical system G1 and the aberration of G3, and the 1st and the 3barrel5E, and 5F are completed. About eccentric adjustment and spacing adjustment of such a division lens-barrel, it is indicated by JP,2001-56426,A, for example. Moreover, about the 2nd image formation optical system G2 of a reflective refraction mold, an autocollimator, an interferometer, etc. are used first, it is set as the location of a request of the location of the optical-path bending mirrors AM and BM (reflecting mirror block FM) to division lens-barrel 73A, subsequently the division lens-barrels 73B-73D are positioned to this division lens-barrel 73A, and 2nd barrel 6D is completed. Then, connecting each barrels 5E, 6D, and 5F, and measuring the aberration of the whole projection optical system, perform eccentric adjustment and spacing

adjustment of each barrels 5E, 6D, and 5F, and if required while measuring the aberration of the whole projection optical system -- each activity mold division lens-barrel 71A- positioning of three degrees of freedom of the optical element (lenses L12, L14, L16, L18, and L34) to 71D and 77 is performed, and the image formation engine performance of a projection optical system is driven in to the predetermined engine performance.

[0155] Next, the example of a configuration of the projection aligner equipped with the projection optical system of the gestalt of the above-mentioned operation is explained. Drawing 16 is drawing showing the outline configuration of the projection aligner of this example, and XYZ system of coordinates are used for it in this drawing 5 . This projection aligner is F2 as the exposure light source 101. A laser light source (or ArF excimer laser) is used, and the projection optical system of which reflective refraction mold of the above-mentioned gestalt of the 1st - the 4th operation is used as a projection optical system PL. In addition, a light source [the 146nm light source which emits the light belonging to a vacuum ultraviolet area with a wavelength of about 120nm - about 180nm as the exposure light source 101], for example, oscillation wavelength, krypton dimer laser (Kr₂ laser), argon dimer laser (Ar₂

laser) with an oscillation wavelength of 126nm, etc. can be used. Moreover, the projection aligner of this example has adopted as one shot field on a wafer step - and - scanning method which imprint the pattern image of reticle serially by synchronizing and scanning reticle and a wafer in the predetermined direction relatively to the lighting field of the predetermined configuration on reticle.

[0156] In drawing 16 , the pulse laser light (illumination light) as an exposure beam from the exposure light source 101 is deflected by the deflection mirror 103, and is divided into the time amount target with which the optical-path-length difference more than the time coherence length (coherence length) of the illumination light was given toward the optical-path delay optical system 105 at two or more flux of lights. In addition, such optical-path delay optical system is indicated by JP,1-198759,A and JP,11-174365,A.

[0157] The illumination light injected from the optical-path delay optical system 105 reaches the 2nd fly eye lens 110 through the 1st fly eye lens 107, a zoom lens 108, and the oscillating mirror 109 in order, after being deflected by the optical-path deflection mirror 106. The change revolver 111 for the illumination-light study system aperture diaphragms for setting the size and the configuration of the effective light source as a request is arranged at the injection

side of the 2nd fly eye lens 110. In this example, in order to reduce the quantity of light loss by the illumination-light study system aperture diaphragm, magnitude of the flux of light to the 2nd fly eye lens 110 by the zoom lens 108 is made adjustable.

[0158] The flux of light injected from opening of an illumination-light study system aperture diaphragm illuminates the lighting field diaphragm (reticle blind) 113 through the condensing lens group 112. In addition, it is indicated about the lighting field diaphragm 113 by JP,4-196513,A and the U.S. Pat. No. 5,473,410 official report corresponding to this. The light from the lighting field diaphragm 113 is led to up to Reticle R through the lighting field-diaphragm image formation optical system (reticle blind image formation system) which consists of a deflection mirror 115,118 and a lens group 116,117,119, and the lighting field which is the image of opening of the lighting field diaphragm 112 is formed on Reticle R. The light from the lighting field on Reticle R is led to up to Wafer W through a projection optical system PL, and the cutback image of the pattern in the lighting field of Reticle R is formed on Wafer W.

[0159] Now, to make light of the wavelength of a vacuum ultraviolet area into exposure light, it is necessary to eliminate the gas (for it to be hereafter called

"absorptivity gas" suitably) which has a strong absorption property from the optical path to light of this wavelength band, such as gas of oxygen, a steam, and a hydrocarbon system. Therefore, with this operation gestalt, an illumination-light way (optical path in which it results to the exposure light source 101 - Reticle R), and a projection optical path (optical path in which it results to Reticle R - Wafer W) are intercepted from an external ambient atmosphere. It is filling with gas, such as nitrogen as specific gas which has the property with little absorption of as opposed to the light of a vacuum ultraviolet area for those optical paths, helium, an argon, neon, and a krypton, or those mixed gas (it is hereafter called "purge gas" suitably).

[0160] Specifically the optical path from the exposure light source 101 to the optical delay optical system 105 was intercepted from the external ambient atmosphere by casing 102, the optical path from the optical delay optical system 105 to the lighting field diaphragm 113 was intercepted from the external ambient atmosphere by casing 104, lighting field-diaphragm image formation optical system was intercepted from the external ambient atmosphere by casing 114,150, and it is filled up with the above-mentioned purge gas in those optical paths. Moreover, as the projection optical system PL itself was already

explained, the lens-barrel serves as casing, and the internal optical path is filled up with the above-mentioned purge gas.

[0161] Casing 120 is intercepting the space between casing 150 and the projection optical systems PL which dedicated lighting field-diaphragm image formation optical system from the external ambient atmosphere, and has contained the reticle stage RS which holds Reticle R to the interior. The door 122 for carrying in and taking out Reticle R is formed in this casing 120, and the inert-gas-replacement room 121 for preventing polluting the ambient atmosphere in casing 120 in Reticle R at the time of carrying in and taking out is established in the outside of this door 122. The door 123 is formed also in this inert-gas-replacement room 121, and delivery of reticle is performed through a door 123 between the reticle stockers 124 which are keeping two or more sorts of reticles.

[0162] Casing 126 is intercepting the space between a projection optical system PL and Wafer W from the external ambient atmosphere, and has contained the surface plate 129 which is laying the autofocus sensor 130 of the oblique incidence format for detecting the wafer stage 128, and the surface location (focal location) and surface tilt angle of a Z direction as a substrate holding

Wafer W of Wafer W, the alignment sensor 131 of an off-axis method, and the wafer stage 128 in the interior. The door 133 for carrying in and taking out Wafer W is formed in this casing 126, and the inert-gas-replacement room 132 for preventing polluting the ambient atmosphere of the casing 116 interior is established in the outside of this door 133. The door 134 is formed in this inert-gas-replacement room 132, and carrying in of the wafer W inside equipment and taking out of the wafer W to the equipment exterior are performed through this door 134.

[0163] Here, feed valves V1, V2, V3, and V6 are formed in each of casing 104,150,120,126, and these feed valves V1, V2, V3, and V6 are connected to the feed-pipe way connected to the gas transfer unit without a graphic display. Moreover, exhaust valves V11, V12, V13, and V16 are formed in each of casing 104,150,120,126, and these exhaust valves V11, V12, V13, and V16 are connected to the above-mentioned gas transfer unit through the exhaust pipe way without a graphic display, respectively. In addition, the specific gas from a gas transfer unit is controlled by the non-illustrated temperature regulator by predetermined target temperature. Here, when using helium as specific gas, as for a temperature regulator, being arranged near each casing is desirable.

[0164] Similarly, feed valves V4 and V7 and exhaust valves V14 and V17 are formed also in the inert-gas-replacement room 121,134, and exhaust valves V14 and V17 are connected to the above-mentioned gas transfer unit for feed valves V4 and V7 through the exhaust pipe way through the feed-pipe way, respectively. Furthermore, the feed valve (bulb) V5 and the exhaust valve (bulb) V15 are formed also in the lens-barrel of a projection optical system PL if needed, and the exhaust valve V15 is connected to the above-mentioned gas transfer unit for the feed valve V5 through the exhaust pipe way without a graphic display through the feed-pipe way without a graphic display.

[0165] Next, with reference to drawing 17 , it explains per example of the production process of the semiconductor device which used the projection aligner of the gestalt of the above-mentioned operation. Drawing 17 shows an example of the production process of a semiconductor device, and Wafer W is first manufactured from a silicon semi-conductor etc. in this drawing 17 . Then, a photoresist is applied on Wafer W (step S10), reticle R1 is loaded on the reticle stage of the projection aligner of the gestalt of the above-mentioned operation in the following step S12, and the pattern (it expresses with Sign A) of reticle R1 is imprinted to all the shot fields SE on Wafer W by the scan exposure method

(exposure). In addition, Wafers W are wafers (12 inch wafer), such as semi-conductors (silicon etc.) with a diameter of 300mm or SOI (silicon on insulator), and the width of face of a non-scanning direction of the magnitude of the shot field SE is the rectangle field whose width of face of a scanning direction is 33mm in 25mm as an example. Next, in step S14, a predetermined pattern is formed in each shot field SE of Wafer W by performing development and etching, an ion implantation, etc.

[0166] Next, in step S16, a photoresist is applied on Wafer W, reticle R2 is loaded on the reticle stage of the projection aligner of the gestalt of the above-mentioned operation in step S18 after that, and the pattern (it expresses with Sign B) of reticle R2 is imprinted to each shot field SE on Wafer W by the scan exposure method (exposure). And in step S20, a predetermined pattern is formed in each shot field of Wafer W by performing the development and etching of Wafer W, an ion implantation, etc.

[0167] Only a count required for the above exposure process - a pattern formation process (step S16 - step S20) to manufacture a desired semiconductor device is repeated. And semiconductor device SP as a product is manufactured by passing through the dicing process (step S22) which separates

each chip CP on Wafer W one by one, a bonding process, a packaging process, etc. (step S24).

[0168] In addition, although a quartz or fluorite (CaF_2 : calcium fluoride) is used with the gestalt of each above-mentioned operation as an ingredient of the optical member of the refractivity which constitutes a projection optical system, it is this CaF_2 . It adds or is CaF_2 . The quartz with which it replaced with, for example, the crystal ingredients and fluorines of a fluoride, such as barium fluoride, lithium fluoride, and magnesium fluoride, were doped may be used. However, if sufficient narrow-band-izing is possible in the illumination light which illuminates a mask, as for a projection optical system, constituting from an optical material of a single class is desirable. Furthermore, considering the ease of carrying out and manufacturing cost of manufacture of a projection optical system, only for a quartz, a projection optical system is CaF_2 . Being constituted is desirable.

[0169] Moreover, at each above-mentioned example, it is F2 as the light source. Although the spectral band width is narrow-band-ized with narrow band-ized equipment using laser or ArF excimer laser instead, you may make it use the higher harmonic of solid state laser, such as an YAG laser which has an

oscillation spectrum in 157nm, 193 etc.nm, etc. Moreover, the single wavelength laser beam of the infrared region oscillated from DFB semiconductor laser or a fiber laser or a visible range may be amplified with the fiber amplifier with which the erbium (Er) (or both an erbium and an ytterbium (Yb)) was doped, and the higher harmonic which carried out wavelength conversion may be used for ultraviolet radiation using a nonlinear optical crystal.

[0170] Moreover, with each above-mentioned operation gestalt, that by which all the optical elements that constitute a projection optical system are arranged in accordance with the single optical axis is applied. However, this invention is applicable also to the reflective refraction mold projection optical system which has a visual field outside a shaft which is not restricted to the projection optical system of an above-mentioned main electric shielding mold, for example, is indicated in drawing 6 of a U.S. Pat. No. 5,689,377 official report, drawing 6 of a U.S. Pat. No. 5,691,802 official report, and drawing 5 of a U.S. Pat. No. 5,805,334 official report. In this case, it is desirable to hold two optical-path deflection mirrors and lieberkuhn in one lens-barrel unit, and to hold refraction mold image formation optical system in one or more different lens-barrel units from this lens-barrel unit.

[0171] Moreover, this invention is applicable also to the reflective refraction mold projection optical system which has the visual field outside a shaft proposed by the application for patent No. (international application number PCT/JP 01/No. 01350) 58268 [2000 to]. Also in this case, it is desirable to hold two optical-path deflection mirrors and lieberkuhn in one lens-barrel unit, and to hold two refraction mold image formation optical system in two or more different lens-barrel units from this lens-barrel unit.

[0172] Also in the reflective refraction mold projection optical system which has a visual field outside a shaft, there is an advantage which can obtain the stability of an image gap and relief of eccentric tolerance by holding all the reflective members in one lens-barrel unit. Furthermore, after this invention imprints one shot field blunder SUKUPA turn image on a wafer in package The step-and-repeat method (one-shot exposure method) which repeats the process which is made to move a wafer two-dimensional serially in the field which intersects perpendicularly with the optical axis of a projection optical system, and imprints a mask pattern image in package to the next shot field, A mask and a wafer are applicable to the both sides of step - which makes the projection scale factor beta a velocity ratio, and carries out a synchronous scan, and - scanning

method (scan exposure method) to a projection optical system at the time of the exposure to each shot field of a wafer. In addition, by step - and - scanning method, it can expose to the larger shot field on a wafer, without enlarging a projection optical system, since a good image formation property should just be acquired in a slit-like (shape of long and slender rectangle) exposure field.

[0173] By the way, in each above-mentioned example, this invention is applied to the projection aligner used for manufacture of a semiconductor device.

however -- a semiconductor device -- manufacture -- using -- having -- an aligner -- not only -- a liquid crystal display -- a component -- a plasma display -- etc. -- containing -- a display -- manufacture -- using -- having -- a device -- a pattern -- glass -- a plate -- a top -- imprinting -- an aligner -- a thin film -- the magnetic head -- a micro -- a machine -- etc. -- manufacture -- using -- having -- a device -- a pattern -- a ceramic -- a wafer -- a top -- imprinting -- an aligner -- image sensors, such as etc., CCD -- -- manufacture -- using -- having -- an aligner -- etc. -- this invention -- being applicable . Moreover, this invention is applicable also to the aligner which imprints a circuit pattern to a glass substrate or a silicon wafer in order to manufacture reticle or a mask.

[0174] In addition, of course, configurations various in the range which this

invention is not limited to the gestalt of above-mentioned operation, and does not deviate from the summary of this invention can be taken.

[0175]

[Effect of the Invention] According to this invention, when the projection optical system which consists of reflective refractive media is used, an image shift is made into the minimum, it is stabilized and a lens-barrel can be held.

Furthermore, since the alignment procedure of a projection optical system and capacity of a regulating system can also be made high, adjustment is easy and can keep uniform the ambient atmosphere in the lens-barrel of a projection optical system with purge gas, such as inert gas, if needed.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-83766
(P2002-83766A)

(43) 公開日 平成14年3月22日 (2002.3.22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード (参考)

H 0 1 L 21/027

G 0 2 B 7/02

A 2 H 0 4 4

G 0 2 B 7/02

C 2 H 0 8 7

13/00

5 F 0 4 6

13/00

17/08

A

17/08

G 0 3 F 7/20

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-169476 (P2001-169476)

(22) 出願日 平成13年6月5日 (2001.6.5)

(31) 優先権主張番号 特願2000-183380 (P2000-183380)

(32) 優先日 平成12年6月19日 (2000.6.19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 高橋 哲男

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 西川 仁

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100098165

弁理士 大森 聡

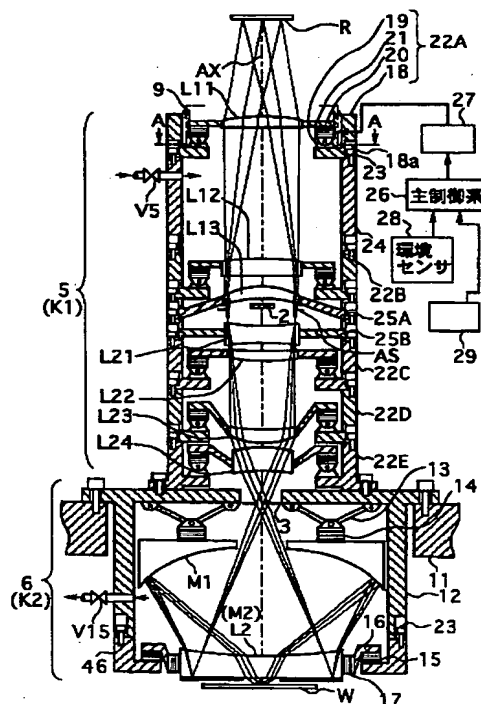
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影光学系、該光学系の製造方法、及び前記光学系を備えた投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 例えば反射屈折系より構成した場合に、所定の光学素子の状態、又は所定の複数の光学素子間の位置関係を安定に維持でき、高い光学性能の得られる投影光学系を提供する。

【解決手段】 レチクルRのパターンの像を、屈折系よりなる第1結像光学系K1と、反射屈折系よりなる第2結像光学系K2とから構成される投影光学系を介してウエハW上に投影する。第1結像光学系K1を第1バレル5で支持し、第2結像光学系K2を第2バレル6で支持し、バレル5、6を支持板11に対して着脱自在に固定する。第1バレル5を複数の能動型分割鏡筒22A~22E等を光軸方向に連結して構成し、第2バレル6を分割鏡筒12、46を光軸方向に連結して構成し、第2バレル6内の2つの反射鏡M1、M2は相対的に5自由度の変位制御ができる状態で保持する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つの屈折部材及び複数の反射部材を含む光学素子群を有し、第1面の物体の像を第2面上に形成する投影光学系であって、前記光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニットを備え、該複数の鏡筒ユニット中の一つの鏡筒ユニットで前記複数の反射部材の全部を保持することを特徴とする投影光学系。

【請求項2】 前記第1面と前記第2面との間の第3面に中間像を形成する部分光学素子群を有すると共に、前記部分光学素子群を前記複数の鏡筒ユニット中の一つの鏡筒ユニットで一体的に保持することを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

【請求項3】 前記光学素子群は1本の光軸に沿って配置されることを特徴とする請求項1又は2記載の投影光学系。

【請求項4】 前記光学素子群は、第1の光軸に沿って配置された第1の部分光学素子群と、前記第1の光軸と交差する方向に延びた第2の光軸に沿って配置されて前記第1の部分光学素子群と光学的に接続された第2の部分光学素子群と、前記第2の光軸と交差する方向に延びた第3の光軸に沿って配置されて前記第2の部分光学素子群と光学的に接続された第3の部分光学素子群とを備えることを特徴とする請求項1又は2記載の投影光学系。

【請求項5】 前記第2の部分光学素子群は、前記複数の反射部材の全てを有することを特徴とする請求項4記載の投影光学系。

【請求項6】 前記複数の鏡筒ユニットは互いに独立に支持されることを特徴とする請求項1、2、又は3記載の投影光学系。

【請求項7】 第1面の物体の所定倍率の像を第2面上に形成する光学素子群を含む投影光学系において、前記光学素子群は第1及び第2の副光学素子群を備え、前記第1の副光学素子群を第1光軸に沿って一体的に保持する第1鏡筒ユニットと、前記第2の副光学素子群を前記第1光軸と共軸の第2光軸に沿って一体的に保持する第2鏡筒ユニットとを備え、前記第1の副光学素子群に関する物点と像点との間を前記第1光軸に沿って $1:\beta_1$ (β_1 は0以外の実数)で分割する点を通り、且つ前記第1光軸に垂直な平面、又は該平面の近傍の面によって前記第1鏡筒ユニットを保持し、前記第2の副光学素子群に関する物点と像点との間を前記第2光軸に沿って $1:\beta_2$ (β_2 は0以外の実数)で分割する点を通り、且つ前記第2光軸に垂直な平面、又は該平面の近傍の面によって前記第2鏡筒ユニットを保持することを特徴とする投影光学系。

【請求項8】 前記複数の鏡筒ユニットの少なくとも一つの鏡筒ユニットは、該鏡筒ユニットによって保持される所定の光学素子の状態を調整する調整機構を有することを特徴とする請求項1、2、3、6、又は7記載の投影光学系。

【請求項9】 前記複数の鏡筒ユニットの少なくとも一つは、更にそれぞれ一つ又は複数の光学素子を保持する複数の保持ブロックを備え、該複数の保持ブロックは、それぞれ保持対象の光学素子の状態を調整する調整機構を有することを特徴とする請求項1～8の何れか一項記載の投影光学系。

【請求項10】 前記複数の鏡筒ユニットの少なくとも一つは着脱可能であることを特徴とする請求項1、2、3、6、7、8、又は9記載の投影光学系。

【請求項11】 複数の非球面が形成された光学素子群を備え、第1面の物体の像を第2面上に形成する投影光学系であって、前記光学素子群を複数組に分けて保持する複数の保持ブロックを備え、前記複数の保持ブロックの個数は前記非球面の面数以上であることを特徴とする投影光学系。

【請求項12】 前記光学素子群は、複数の反射部材を有し、該複数の反射部材は、それぞれ一つずつ互いに異なる前記保持ブロックに保持されることを特徴とする請求項11記載の投影光学系。

【請求項13】 光学素子群を有し、第1面の物体の像を第2面上に形成する投影光学系であって、前記光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニットを備え、該複数の鏡筒ユニット中の少なくとも一つの鏡筒ユニットを所定の架台に吊り下げて支持することを特徴とする投影光学系。

【請求項14】 前記投影光学系は、波長200nm以下の照明光のもとで使用され、前記投影光学系の内部に前記照明光を透過するパージガスが供給されることを特徴とする請求項1～13の何れか一項記載の投影光学系。

【請求項15】 前記光学素子群の各々は、複数の通気孔を有する枠部材又はフレーム機構で保持されることを特徴とする請求項14記載の投影光学系。

【請求項16】 波長200nm以下の光のもとで第1面の物体の像を第2面上に形成する投影光学系であって、前記光の光路中に配置される少なくとも2つの屈折部材と；前記屈折部材を位置決めする少なくとも2つの保持ブロックと；前記保持ブロックのうちの少なくとも1つの保持ブロックに接続されて、この内側の屈折部材の間の空間に前記光を透過するパージガスを供給する配管と；を備え、

前記保持ブロックは、複数の通気孔を有する枠部材又はフレーム機構を有することを特徴とする投影光学系。

【請求項17】 前記光は波長160nm以下の光を有することを特徴とする請求項16記載の投影光学系。

【請求項18】 投影原版をワークピース上に転写するための投影露光装置に用いられる投影光学系において、前記投影光学系の構成要素である複数の反射部材の全てを含む一の結像光学系と；前記投影光学系の構成要素である前記反射部材を含まず、前記投影光学系の構成要素である少なくとも1つの屈折部材を含む他の結像光学系と；前記一の結像光学系を保持する一の鏡筒ユニットと；前記他の結像光学系を保持する他の鏡筒ユニットと；を備えることを特徴とする投影光学系。

【請求項19】 少なくとも一つの屈折部材及び複数の反射部材を含む光学素子群と、該光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニットとを備えた投影光学系の製造方法であって、前記複数の鏡筒ユニットの内の所定の鏡筒ユニットを着脱可能としておき、前記投影光学系として既に完成している第1の投影光学系の前記所定の鏡筒ユニットの位置に調整対象の鏡筒ユニットを組み込み、前記第1の投影光学系の光学特性を計測しながら前記調整対象の鏡筒ユニットの調整を行う第1工程と、

該第1工程で調整が行われた調整済みの鏡筒ユニットと、これ以外の鏡筒ユニットとより第2の投影光学系を組み上げ、前記調整済みの鏡筒ユニットを基準として前記第2の投影光学系の調整を行う第2工程とを有することを特徴とする投影光学系の製造方法。

【請求項20】 請求項1～18の何れか一項記載の投影光学系を備え、該投影光学系を介して第1物体のパターンの像を第2物体上に投影する投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、プラズマディスプレイ素子、及びマイクロマシン等のデバイスをフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される投影露光装置に備えられる投影光学系に関し、特に中間像を形成するか、又は直筒型の反射屈折系よりなる投影光学系の鏡筒構造、及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、マスクとしてのレチクルのパターンの像を、投影光学系を介して、基板としてのフォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。半導体素子等の集積度が向上するにつれて、投影露光装置の投影光学系に要求される解像力は益々高まっている。この要求を満足するために、露光用の照明光（露光光）の短波長

化、及び投影光学系の開口数（N.A.）の増大が行われて来た。ところが、露光波長が短くなると、光の吸収によって実用に耐える硝材の種類は少なくなり、特に露光波長が200nm程度以下の真空紫外（VUV）域になると、現状で使用できる硝材は合成石英、蛍石（ CaF_2 ）、及びフッ化マグネシウム（ MgF_2 ）等に限られるため、いかにして色収差補正を行うかが問題となっている。

【0003】 それでも、露光光としてArFエキシマレーザ（波長193nm）を使用する投影光学系は、屈折系による実用化がかなり進んでいる。しかしながら、露光波長が F_2 レーザ（波長157nm）のように180nm以下になると、投影光学系を屈折系で実用化するのはかなり困難であり、色収差を補正する手段として反射部材を備えた反射屈折系への期待が高まっている。これに関して、蛍石であれば、100nm程度まで十分な透過率があることが知られており、この範囲までであれば屈折部材として使用できるので、露光波長が100nm程度までは蛍石よりなる屈折部材と反射部材とを組み合わせた反射屈折光学系が成立する。

【0004】 反射屈折光学系については、既にいくつかのタイプが提案されている。このうち開口絞りの中心部が遮蔽されるタイプの光学系は、2面以上の反射面を用いることで、光路偏向部材を持たずに1本の光軸に沿って直筒型ですべての光学素子を配置することができ、更には、光軸上の物体を像面に結像できるため、少ない光学素子数で広い露光フィールドを収差補正できるというメリットがあり、有力なタイプと言える。その中でも光学系の途中で中間像を作るタイプの光学系は、例えば米国特許第5,650,877号で開示されている光学系のように、中間像を持たないと共に、光量を大幅に低下させ、且つ大量のフレアーを生じる恐れのあるハーフミラーのような光学部材が途中で配置された光学系と比べて、スループットや製造の容易性の点から優れている。このタイプの従来技術としては、米国特許第5,717,518号や米国特許第5,488,299号などが挙げられる。

【0005】 また、露光波長が200nm程度以下になると、酸素、及び二酸化炭素等による露光光の吸収率が高くなるため、ウエハ等の上での照度を高めるために、投影光学系の鏡筒内部の気体を、波長200nm程度以下でも高い透過率を有する窒素ガス（ N_2 ）やヘリウムガス（ He ）等のパージガスで置換する必要がある。そのため、従来よりパージガスの種々の供給機構が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如く、真空紫外域の露光光を用いる場合には、投影光学系として反射屈折系が優れている。しかしながら、反射屈折系では、仮に直筒型であっても全長が屈折系に比べて長くなり、一本の鏡筒だけでは保持しにくくなる。また、米国特許第

5, 717, 518号の反射屈折系では、素材系としての反射部材が硝材系としての屈折部材に比べて大きいことから分かるように、反射屈折系では反射部材（素材系）を屈折部材（硝材系）よりも大きくする必要のある場合が多い。この場合、一本の鏡筒で比較的小さい屈折部材と、比較的大きい反射部材とを一体として保持するものとする、その鏡筒の構造が複雑化し、その鏡筒を安定に支持することが困難になる。更に、その鏡筒及び全部の光学素子の組立調整にも時間を要するため、投影光学系の製造コストが高くなる不都合がある。

【0007】そこで、反射屈折系を構成する光学素子群を一本の鏡筒ではなく、複数の分割された鏡筒、即ち複数のいわゆる分割鏡筒に分けて保持する方法も考えられる。しかしながら、それらの光学素子群を単に複数の組分けして、複数の分割鏡筒で保持するものとした場合、部分的にかなり複雑な構成の分割鏡筒が必要になる場合があると共に、各分割鏡筒同士の軸合わせ等の組立調整作業が複雑化する恐れがある。

【0008】また、単に複数の分割鏡筒で保持することにより、異なる分割鏡筒に保持されている光学素子間の位置関係が設計値に対して変動する恐れがあるため、収差の発生要因が増える恐れがある。従って、複数の分割鏡筒を用いる場合には、収差の発生を抑える配置等が必要である。更に、露光光として波長200nm程度以下の真空紫外光を用いる投影露光装置において、投影光学系の内部の光路にパージガスを流す場合に、その鏡筒が複数の分割鏡筒より構成されていると、分割鏡筒の境界部でパージガスの流れに「よどみ」が生じ、酸素等の吸光物質の濃度が十分に低下しない恐れがある。特に波長170nm以下の光、例えばF₂レーザ光（波長157nm）を露光光として使用する投影露光装置においては、吸光物質の残存濃度の許容値が低くなるため、単に分割鏡筒方式を採用すると、吸光物質の残存濃度が許容値以下まで下らない恐れがある。

【0009】本発明は斯かる点に鑑み、例えば反射屈折系より構成した場合に、所定の光学素子の状態、又は所定の複数の光学素子間の位置関係を安定に維持でき、高い光学性能の得られる投影光学系を提供することを第1の目的とする。また、本発明は、反射屈折系より構成した場合に組立調整が容易な投影光学系を提供することを第2の目的とする。

【0010】また、本発明は、例えば反射屈折系より構成した場合に、組立調整が容易であると共に、パージガスを高純度で供給できる投影光学系を提供することを第3の目的とする。更に本発明は、そのような投影光学系を効率的に製造できる投影光学系の製造方法を提供することを第4の目的とする。

【0011】更に本発明は、その投影光学系を備えた高機能の投影露光装置を提供することをも目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の投影光学系は、少なくとも一つの屈折部材（L11～L24, L2）及び複数の反射部材（M1, M2）を含む光学素子群を有し、第1面（1）の物体の像を第2面（4）上に形成する投影光学系であって、その光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニット

（5, 6）を備え、この複数の鏡筒ユニット中の一つの鏡筒ユニット（6）でその複数の反射部材の全部を保持するものである。

10 【0013】斯かる本発明は、光学部材の位置が設計上の位置からずれた場合の収差の発生量は、屈折部材に比べて、反射部材の方が大きいことに着目してなされたものである。本発明によれば、複数の反射部材の全部が一つの鏡筒ユニットで保持されるため、複数の反射部材の相対位置関係はほぼ一定の状態に保持される。そして、仮に振動等によって反射部材を保持する鏡筒ユニットが変位しても、これはその鏡筒ユニットを基準にして考えると、他の屈折部材のみを保持する鏡筒ユニットのみが変位したのと等価であるため、全体の収差の発生量は低く抑えられて、高い光学性能が得られる。

20 【0014】この場合、その第1面とその第2面との間の第3面（3）に中間像を形成する部分光学素子群（L11～L24）を有すると共に、その部分光学素子群をその複数の鏡筒ユニット中の一つの鏡筒ユニット

（5）で一体的に保持することが望ましい。このように中間像が形成される場合、中間像の前後の光学部材の外径は大きく異なることがある。そこで、その中間像を形成する部分光学素子群を一つの鏡筒ユニットで保持することによって、部分光学素子群を容易に、かつ安定に保持できるようになる。

30 【0015】また、一例として、その光学素子群は1本の光軸（AX）に沿って配置される。このように直筒型の構成とすることで、全体としての鏡筒の構成が小型化されて、その光学素子群を安定に保持できる。更に、その複数の鏡筒ユニットは互いに独立に支持されることが望ましい。これによって、組立調整が容易になる。

40 【0016】また、別の例として、その光学素子群は、第1の光軸に沿って配置された第1の部分光学素子群と、その第1の光軸と交差する方向に延びた第2の光軸に沿って配置されてその第1の部分光学素子群と光学的に接続された第2の部分光学素子群と、その第2の光軸と交差する方向に延びた第3の光軸に沿って配置されてその第2の部分光学素子群と光学的に接続された第3の部分光学素子群とを備えたものでもよい。この場合、一例として、その第1の光軸とその第2の光軸とはほぼ直交しており、その第3の光軸はその第1の光軸にほぼ平行である。また、その第2の部分光学素子群は、その複数の反射部材の全てを有してもよい。

50 【0017】次に、本発明の第2の投影光学系は、第1面（1）の物体の所定倍率の像を第2面（4）上に形成

する光学素子群を含む投影光学系において、その光学素子群は第1の副光学素子群(L11~L28, L30)及び第2の副光学素子群(M1, M2)を備え、その第1の副光学素子群を第1光軸に沿って一体的に保持する第1鏡筒ユニット(5A)と、その第2の副光学素子群をその第1光軸と共軸の第2光軸に沿って一体的に保持する第2鏡筒ユニット(6A)とを備え、その第1の副光学素子群に関する物点と像点との間をその第1光軸に沿って $1:\beta_1$ (β_1 は0以外の実数)で分割する点を通り、且つその第1光軸に垂直な平面、又は該平面の近傍の面によってその第1鏡筒ユニットを保持し、その第2の副光学素子群に関する物点と像点との間をその第2光軸に沿って $1:\beta_2$ (β_2 は0以外の実数)で分割する点を通り、且つその第2光軸に垂直な平面、又は該平面の近傍の面によってその第2鏡筒ユニットを保持するものである。

【0018】斯かる本発明によれば、各鏡筒ユニットは互いに独立に支持されているため、組立調整が容易である。更に、その第1鏡筒ユニット(5A)、及び第2鏡筒ユニット(6A)が傾斜しても、それぞれ像シフトが殆ど生じない。従って、投影露光装置に適用した場合に、ステージ系の振動等の影響で鏡筒ユニットが変位しても、常に高い光学性能が得られる。

【0019】また、上記の本発明の各投影光学系において、その複数の鏡筒ユニットの少なくとも一つの鏡筒ユニットは、この鏡筒ユニットによって保持される所定の光学素子の状態を調整する調整機構(14, 15, 17, 20)を有することが望ましい。その所定の光学素子の状態(光軸方向の位置、光軸に垂直な平面内での2軸の方向の位置(偏心調整)、及び2軸の回りのチルト角等)を調整することによって、その投影光学系の倍率、及び収差等の所定の結像特性を補正することができる。

【0020】また、その複数の鏡筒ユニットの少なくとも一つ(5)は、更にそれぞれ一つ又は複数の光学素子を保持する複数の保持ブロック(22A~22E)を備え、この複数の保持ブロックは、それぞれ保持対象の光学素子の状態を調整する調整機構(20)を有することが望ましい。また、その複数の鏡筒ユニットの少なくとも一つは着脱可能であることが望ましい。

【0021】次に、本発明の第3の投影光学系は、複数の非球面(ASP1~ASP8)が形成された光学素子群を備え、第1面の物体の像を第2面上に形成する投影光学系であって、その光学素子群を複数組に分けて保持する複数の保持ブロック(22A~22E, 25A, 25B, 12, 46)を備え、その複数の保持ブロックの個数をその非球面の面数以上としたものである。

【0022】本発明の投影光学系の組立時には、非球面が形成された各光学素子にそれぞれ数 μ m程度の偏心が残存する場合が有り得る。このような非球面の偏心によ

って高次の偏心収差が発生する。そこで、その保持ブロックの個数をその非球面の面数以上として、例えば各保持ブロックを順次組み込む際に偏心調整を行うか、又は各保持ブロックに偏心調整機構を設けておくことによって、その高次の偏心収差を補正することができ、高い光学性能が得られる。

【0023】この場合、その光学素子群が、複数の反射部材(M1, M2)を有しているときに、この複数の反射部材は、それぞれ一つずつ互いに異なるその保持ブロック(12, 46)に保持されることが望ましい。反射部材の位置が設計位置からずれていると、屈折部材に比べて大きな収差が発生する。そのため、複数の反射部材を備えている場合には、各反射部材を異なる保持ブロックで保持し、例えばこれらの保持ブロックを順次組み込む際に相対位置を調整するか、又はそれらの反射部材の相対位置を微調整できる機構を備えることによって、収差を更に小さくすることができる。

【0024】また、本発明の第4の投影光学系は、光学素子群を有し、第1面(1)の物体の像を第2面(4)上に形成する投影光学系であって、その光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニット(5A, 6A)を備え、この複数の鏡筒ユニット中の少なくとも一つの鏡筒ユニット(6A)を所定の架台(11)に吊り下げて支持するものである。

【0025】このように鏡筒ユニットを吊り下げ方式で支持することによって、その鏡筒ユニット、ひいてはそれによって保持される光学素子を常に安定に支持することができ、高い光学特性を維持できる。これらの本発明の各投影光学系は、一例として波長200nm以下の照明光のもとで使用され、この場合、その投影光学系の内部にその照明光を透過するパージガスが供給されることが望ましい。本発明の各投影光学系は、複数の鏡筒ユニット、又は複数の保持ブロックを積み重ねる(連結する)方式であるため、組立調整が容易である。更に、これらの鏡筒ユニット、及び保持ブロックは気密性の高い構造にできるため、そのパージガスを高純度でその投影光学系の内部に供給できる。従って、照明光の照度が高くなり、露光工程で高いスループットが得られる。

【0026】この際に、各鏡筒ユニット、又は各保持ブロック内で各光学素子(屈折部材、反射部材)を保持する部材(レンズ枠等)には複数の通気孔を設けて、穴開き構造とすることが望ましい。また、例えば比較的大きな反射部材を保持する保持ブロックは、通気性の高いフレーム機構によって支持してもよい。これらの機構によって、パージガスの淀みが無くなり、結果としてその投影光学系内での不純物(吸光物質)の残留濃度を下げることができる。

【0027】次に、本発明の第5の投影光学系は、波長200nm以下の光のもとで第1面の物体の像を第2面上に形成する投影光学系であって、その光の光路中に配

10

20

30

40

50

置される少なくとも2つの屈折部材と、その屈折部材を位置決めする少なくとも2つの保持ブロックと、その保持ブロックのうちの少なくとも1つの保持ブロックに接続されて、この内側の屈折部材の間の空間にその光を透過するパージガスを供給する配管とを備え、その保持ブロックは、複数の通気孔を有する枠部材又はフレーム機構を有するものである。斯かる投影光学系によれば、組立調整が容易であると共に、パージガスを高純度で供給することができる。

【0028】この場合、その光は、一例として波長160nm以下の光を有するものである。また、本発明の第6の投影光学系は、投影原版をワークピース上に転写するための投影露光装置に用いられる投影光学系において、その投影光学系の構成要素である複数の反射部材の全てを含む一の結像光学系と、その投影光学系の構成要素であるその反射部材を含まず、その投影光学系の構成要素である少なくとも1つの屈折部材を含む他の結像光学系と、その一の結像光学系を保持する一の鏡筒ユニットと、前記他の結像光学系を保持する他の鏡筒ユニットとを備えるものである。斯かる投影光学系によれば、全ての複数の反射部材が一つの鏡筒ユニットで保持されるため、これらの反射部材間の位置関係が安定に維持でき、高い光学性能が得られる。

【0029】次に、本発明の投影光学系の製造方法は、少なくとも一つの屈折部材及び複数の反射部材を含む光学素子群と、この光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニット(5, 6)とを備えた投影光学系の製造方法であって、その複数の鏡筒ユニットの内の所定の鏡筒ユニット(5, 6)を着脱可能としておき、その投影光学系として既に完成している第1の投影光学系のその所定の鏡筒ユニットの位置に調整対象の鏡筒ユニットを組み込み、その第1の投影光学系の光学特性を計測しながらその調整対象の鏡筒ユニットの調整を行う第1工程と、この第1工程で調整が行われた調整済みの鏡筒ユニットと、これ以外の鏡筒ユニットとより第2の投影光学系を組み上げ、その調整済みの鏡筒ユニットを基準としてその第2の投影光学系の調整を行う第2工程とを有するものである。

【0030】斯かる投影光学系の製造方法によれば、例えば複数の投影光学系を並列に製造する場合に、組立調整の完了した投影光学系を使用して、次の投影光学系用の鏡筒ユニットの調整を短時間に行うことができる。従って、全体としての組立調整時間を短縮することができる。また、本発明の別の投影光学系の製造方法は、少なくとも一つの屈折部材及び少なくとも一つの反射部材を含む光学素子群と、この光学素子群を複数組に分けて保持する複数の鏡筒ユニット(5A, 6A)とを備えた投影光学系の製造方法であって、それらの鏡筒ユニットの内の少なくとも一つは、その中に少なくとも1個の光学素子を持つと共に、その鏡筒ユニットに対する相対位

置を調整する第1機構(17, 20)を備えた保持ブロック(44A~44E)を備えており、それらの鏡筒ユニットの内の少なくとも一つ(5A)は全体としての状態を調整できる第2機構(15, 17)を備えており、その第2機構を用いて複数の鏡筒ユニット間の調整を行った後、残存する収差をその第1機構を用いて除去するものである。

【0031】このように調整を行うことで、大きな収差から、小さい収差の微調整まで対応することができ、設計性能とほぼ等しい光学特性を持つ投影光学系を製造することができる。次に、本発明の投影露光装置は、上記の本発明の投影光学系を備え、この投影光学系を介して第1物体(R)のパターンの像を第2物体(W)上に投影するものである。本発明の投影光学系の使用によって、装置全体の組立調整が容易になり製造コストを低減することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態につき図2~図4を参照して説明する。本例は、露光光(照明光)としてF₂レーザ(中心波長157.6nm)を使用すると共に、2つのそれぞれ光軸近傍に開口が形成された反射鏡を備えた反射屈折型で直筒型の投影光学系に本発明を適用したものである。

【0033】図2は、本例の投影光学系のレンズ構成図であり、この図2において、物体面1(第1面)に配置される物体の像が本例の投影光学系によって像面4(第2面)上に所定の投影倍率 β で形成される。本例の投影倍率 β は1/4倍であり、露光時には、物体面1にマスクとしてのレチクルRのパターン面が配置され、像面4には被露光基板(感光性基板)としてのウエハW(又はガラスプレート等)の表面が配置される。

【0034】本例の投影光学系は、レチクルのパターンの一次像(中間像)3を形成するための第1結像光学系K1と、一次像からの光に基づいてレチクルパターンの二次像(最終像)を縮小倍率でウエハ上に形成するための第2結像光学系K2とから構成されている。第1結像光学系K1は、レチクル側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りASと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。また、開口絞りASの設置面の近傍で、光軸AXの方向に開口絞りASの設置面とは異なる位置に、光軸AX近傍の光を遮光する中心遮蔽部材2が配置されている。

【0035】第2結像光学系K2は、レチクル側から順に、ウエハ側に凹面を向けた表面反射面を有し且つ中央に開口部(光透過部)7を有する主鏡M1と、レンズL2と、中央に開口部(光透過部)8を有する反射面を備えた副鏡M2とから構成されている。また、本例の投影光学系は、8枚の非球面を有しており、レンズ面の内のレチクル側からm番目(m=1, 2, ...)の非球面に符号ASPmを付している。

【0036】そして、第1レンズ群G1は、レチクル側から順に、レチクル側に凸の非球面ASP1を向けたメニスカス形状のレンズL11と、レチクル側に凸の非球面ASP2を向けたメニスカス形状のレンズL12と、ウエハ側に凹の非球面ASP3を向けたメニスカス形状のレンズL13とから構成されている。また、第2レンズ群G2は、レチクル側から順に、レチクル側に凹の非球面ASP4を向けた両凹形状のレンズL21と、レチクル側に凸の非球面ASP5を向けた両凸形状のレンズL22と、ウエハ側に凸の非球面ASP6を向けたメニスカス形状のレンズL23と、ウエハ側に凹の非球面ASP7を向けたメニスカス形状のレンズL24とから構成されている。更に、第2結像光学系K2中のレンズL2は、レチクル側に凹の非球面ASP8を向けたメニスカス形状のレンズである。

【0037】本例の投影光学系を構成するすべての光学要素(G1, G2, M1, M2, L2)は単一の光軸AXに沿って配置されている。また、主鏡M1は一次像3の形成位置の近傍に配置され、副鏡M2はウエハに近接して配置されている。こうして、図2の投影光学系で

20 レチクルRのパターンからの光が、第1結像光学系K1を介して、レチクルパターンの一次像(中間像)3*

$$Z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot y^2/r^2\}^{1/2}] + A \cdot y^4 + B \cdot y^6 + C \cdot y^8 + D \cdot y^{10} + E \cdot y^{12} + F \cdot y^{14} \dots (1)$$

 【0040】以下の表1に、本例の投影光学系の諸元の値を掲げる。表1において、 λ は露光光の中心波長を、 β は投影倍率を、NAは像側開口数を、 ϕ はウエハ上でのイメージサークルの直径をそれぞれ表している。また、面番号は物体面であるレチクル面から像面であるウエハ面への光線の進行する方向に沿ったレチクル側から
 30 の面の順序を、 r は各面の曲率半径(mm:非球面の場合には頂点での曲率半径)を、 d は各面の軸上間隔である面間隔(mm)を、光学材料中のCaF₂は蛍石をそれぞれ示している。

※

《表1》

(主要諸元)

$$\lambda = 157.6 \text{ nm} \pm 10 \text{ pm}$$

$$\beta = 0.2500$$

$$NA = 0.75$$

$$\phi = 16.4 \text{ mm}$$

$$\text{レチクル面から第1面までの間隔} = 201.4588 \text{ mm}$$

面番号	r	d	光学材料
1(ASP1)	199.4802	23.6189	CaF ₂
2	1933.2675	269.2901	
3(ASP2)	248.9463	38.4449	CaF ₂
4	1002.9474	19.1120	
5	109.3351	28.6306	CaF ₂
6(ASP3)	143.4010	21.0000	
7(AS)	∞	35.4787	
8(ASP4)	-1979.6492	27.8589	CaF ₂

*を形成する。一次像3からの光は、主鏡M1の中央の開口部7及びレンズL2を介して副鏡M2で反射され、副鏡M2で反射された光はレンズL2を介して主鏡M1で反射される。主鏡M1で反射された光は、レンズL2及び副鏡M2の中央の開口部8を介してウエハWの表面にレチクルパターンの二次像を縮小倍率で形成する。

【0038】図2の投影光学系を構成する全ての屈折光学部材(レンズ成分)には蛍石(CaF₂結晶)を使用している。また、露光光であるF₂レーザ光の発振中心波長は157.6nmであり、発振波長幅は157.6nm \pm 10pm程度に狭帯化されており、所定の基準となる状態(例えば大気圧が1気圧、露光開始直後で投影光学系を通過した積算エネルギーがほぼ0の状態)ではその波長範囲内で諸収差が良好に補正されている。中心波長157.6nmに対するCaF₂の屈折率は1.5600000である。

【0039】また、本例の投影光学系で使用される非球面の形状は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、非球面の頂点における接平面から高さ y における非球面上の位置までの光軸に沿った距離(サグ量)を Z とし、頂点曲率半径を r とし、円錐係数を κ とし、 n 次の非球面係数を $A \sim F$ としたとき、以下の数式で表される。

※【0041】また、面間隔 d は、反射される度にその符号を変えるものとする。従って、面間隔 d の符号は、副鏡M2から主鏡M1までの光路中では負とし、その他の光路中では正としている。そして、光線の入射方向にかかわらずレチクル側に向かって凸面の曲率半径 r を正とし、凹面の曲率半径 r を負としている。なお、以下すべての実施の形態において、この第1の実施の形態と同様の符号を用いる。

【0042】

9	215.9777	13.6424	
10(ASP5)	838.3987	20.3225	CaF ₂
11	-252.7298	143.5573	
12	-475.0282	25.5347	CaF ₂
13(ASP6)	-98.4914	12.5880	
14	174.9476	50.0000	CaF ₂
15(ASP7)	249.0939	370.2800	
16(ASP8)	-965.4467	42.8265	CaF ₂
17	-8820.5445	-42.8265	CaF ₂
18(ASP8)	-965.4467	-223.7172	
19	346.8643	223.7172	
20(ASP8)	-965.4467	42.8265	CaF ₂
21	-8820.5445	10.0000	

(非球面データ)

A S P 1

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= -9.61173 \times 10^{-9} \\ B &= -2.14569 \times 10^{-13} \\ C &= 7.59160 \times 10^{-18} \\ D &= -5.90665 \times 10^{-22} \\ E &= 0.0 \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

A S P 4

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= -9.40388 \times 10^{-8} \\ B &= -4.01544 \times 10^{-12} \\ C &= -6.89483 \times 10^{-17} \\ D &= 1.70469 \times 10^{-20} \\ E &= -6.15241 \times 10^{-24} \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

A S P 7

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= -1.42562 \times 10^{-7} \\ B &= 2.11000 \times 10^{-11} \\ C &= -3.82147 \times 10^{-15} \\ D &= 2.44894 \times 10^{-19} \\ E &= 0.0 \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

A S P 2

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= -1.55615 \times 10^{-7} \\ B &= -4.68023 \times 10^{-12} \\ C &= 3.66473 \times 10^{-18} \\ D &= 2.76851 \times 10^{-21} \\ E &= 4.46701 \times 10^{-25} \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

A S P 5

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= 1.88036 \times 10^{-8} \\ B &= -1.59516 \times 10^{-12} \\ C &= -3.15148 \times 10^{-16} \\ D &= -2.20945 \times 10^{-20} \\ E &= 0.0 \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

A S P 8

$$\begin{aligned}\kappa &= 17.06579 \\ A &= 7.65400 \times 10^{-9} \\ B &= -7.96595 \times 10^{-15} \\ C &= -8.95740 \times 10^{-19} \\ D &= 6.26276 \times 10^{-23} \\ E &= -1.26805 \times 10^{-27} \\ F &= -1.50073 \times 10^{-32}\end{aligned}$$

A S P 3

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= -1.49247 \times 10^{-7} \\ B &= 2.48237 \times 10^{-12} \\ C &= 1.10343 \times 10^{-15} \\ D &= -6.65598 \times 10^{-20} \\ E &= -2.15738 \times 10^{-24} \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

A S P 6

$$\begin{aligned}\kappa &= 0.00000 \\ A &= 1.67077 \times 10^{-7} \\ B &= -2.42295 \times 10^{-12} \\ C &= 1.58927 \times 10^{-15} \\ D &= -1.11815 \times 10^{-19} \\ E &= 1.37831 \times 10^{-23} \\ F &= 0.0\end{aligned}$$

【0043】 以上のように、図2の反射屈折型の投影光学系では、中心波長が157.6nmのF₂レーザ光に対して、少ないレンズ枚数で、主鏡M1を大型化することなく、0.75の像側NAを確保するとともに、ウエハ上で16.4mmのイメージサークルを確保することができる。従って、図2の投影光学系を投影露光装置に適用した場合、0.1μm以下の高解像を達成することができる。また、図2の投影光学系をステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用し、ウエハ上での露光領域をたとえば15mm×6mmの矩形状に設定し、2回のスキャン露光による継ぎ露光を行うことにより30mm×40mmの領域にレチクルパターンを転写

することができる。

【0044】 次に、図2の投影光学系を投影露光装置に適用した場合の鏡筒の構成につき説明する。図3は、図2の投影光学系を投影露光装置に搭載した場合の要部を示す断面図であり、この図3において、レンズL11～レンズL24までの第1結像光学系K1が複数の分割鏡筒の集合体である第1バレル5によって保持され、主鏡M1、レンズL2、及び副鏡M2よりなる第2結像光学系K2が複数の分割鏡筒の集合体である第2バレル6によって保持されている。バレル5、6が本発明の複数個の鏡筒ユニットに対応し、バレル5、6を構成する複数個の分割鏡筒が本発明の保持ブロックに対応している。

また、バレル5、6は投影露光装置の架台としての支持板11に対して着脱自在に取り付けられている。

【0045】先ず、第2バレル6は、レチクル側から2つの分割鏡筒12及び46を3箇所以上でボルト23によって光軸方向に連結して構成されると共に、投影露光装置の支持板11の中央部に設けられたU字型の開口部に搭載され、上側の分割鏡筒12のフランジ部がその支持板11にボルトを介して固定されている。そして、分割鏡筒12内に3箇所のV字型のフレーム機構13及び光軸方向に伸縮自在の上下方向駆動素子14を介して主鏡M1が吊り下げられるように保持され、下側の分割鏡筒46内に3個の上下方向駆動素子15、一つのレンズ枠16、及び1組の偏心方向駆動素子17を介してレンズL2及び副鏡M2が保持されている。上下方向駆動素子14、15としては、例えば電動式のマイクロメータ、圧電素子（ピエゾ素子等）、又は小型モータ等が使用できる。3箇所の上下方向駆動素子14、15の駆動量を制御することによって、光学素子（主鏡M1、レンズL2、副鏡M2）の光軸AX方向の位置、及び直交する2軸の回りのチルト角を調整することができる。

【0046】一方、1組の偏心方向駆動素子17は、光軸AXに垂直な平面内の直交する2軸に沿って保持対象の光学素子を変位させる電動式のマイクロメータ、圧電素子（ピエゾ素子等）、又は小型モータ等の2つの駆動部と、これらの駆動部に対してその光学素子を押すコイルばね等の2つの付勢部とから構成されている。従って、偏心方向駆動素子17の2つの駆動部の駆動量を制御することによって、その光学素子の直交する2軸に沿った偏心量を調整することができる。なお、図3の断面図（以下の実施の形態の断面図も同様である）は、上下方向駆動素子（14、15等）及びボルト23に関しては光軸AXを中心として120°の開き角を有する面に沿った断面を表し、偏心方向駆動素子17に関しては、通常の縦断面を表している。

【0047】次に、第1バレル5は、レチクル側から順にレンズL11を保持する能動型分割鏡筒22Aと、スペーサ用鏡筒24と、レンズL12を保持する能動型分割鏡筒22Bと、レンズL13、開口絞りAS、及び中心遮蔽部材2を保持する分割鏡筒25Aと、レンズL21を保持する分割鏡筒25Bと、レンズL22を保持する能動型分割鏡筒22Cと、レンズL23を保持する能動型分割鏡筒22Dと、レンズL24を保持する能動型分割鏡筒22Eとを、それぞれ3箇所以上の位置でボルト23によって光軸方向に連結して構成されると共に、最下段の能動型分割鏡筒22Eのフランジ部が、第2バレル6の分割鏡筒12の上面にボルトによって固定されている。

【0048】そして、5個の能動型分割鏡筒22A～22Eは、それぞれ外筒18に対して3箇所の位置で回転自在の継ぎ手19、及び上下方向駆動素子20を介して

レンズ枠21を配置して構成され、そのレンズ枠21内に光学素子（レンズL11～L24）が保持されている。上下方向駆動素子20の構成は上下方向駆動素子14、15と同様であり、5個の能動型分割鏡筒22A～22Eは、それぞれ内部のレンズL11～L24の光軸AX方向の位置、及び直交する2軸の回りのチルト角を調整することができる。

【0049】図4(a)は図3のAA線に沿う断面図であり、この図4(a)において、図3の上下方向駆動素子20は、光軸AXを中心として等角度間隔で配置された3箇所の位置20A～20Cに配置されている。また、能動型分割鏡筒22Aの外筒18とその下のスペーサ用鏡筒24との連結を行うボルト23は、外筒18の外周部に設けられた3箇所の切り欠き部18a中に配置されている。例えば2つの分割鏡筒を外側に突き出たフランジ部をボルトで締め付けることによって連結する方式と比べて、本例のように外筒18の切り欠き部にボルトを収納する方式を用いることで、分割鏡筒22A等を少ない材料から形成することができ、製造コストを低減できる。なお、隣接する分割鏡筒間の密閉度を高めて内部のページガスの純度を高く維持するために、各分割鏡筒間の溝部（不図示）にはそれぞれOリング（不図示）が配置されている。更に、隣接する分割鏡筒間の密閉度を高めるために、ボルト23は、3箇所以上、例えば12箇所程度の位置に配置してもよい。また、図4(a)のBB線に沿う断面図が、図3の第1バレル5の断面図に対応している。

【0050】図4(b)は、図3の継ぎ手19及び上下方向駆動素子20を示す拡大斜視図であり、この図4(b)において、継ぎ手19は、受け皿32と、受け皿32に対して回転自在に接触している突部31と、受け皿32と突部31とを連結するピン33とから構成され、突部31に上下方向駆動素子20の端部が連結されている。このように継ぎ手19は、1軸の回りに回転できる構成であるが、2軸の回りに回転できるように構成してもよい。

【0051】図3に戻り、能動型分割鏡筒22A～22Eの上下方向駆動素子20、並びに第2バレル6中の上下方向駆動素子14、及び偏心方向駆動素子17の駆動量は結像特性制御系27によって制御される。この際に、各駆動素子20、14、17にはそれぞれ駆動量を検出するセンサ（ロータリエンコーダ、静電容量式又は光学式のギャップセンサ等）が組み込まれており、結像特性制御系27はそれらのセンサの検出結果をフィードバックしながら、対応する駆動素子20、14、17の駆動量を制御する。

【0052】結像特性制御系27の動作は投影露光装置の装置全体の動作を統轄制御する主制御系26によって制御されており、主制御系26には、本例の投影露光装置の周囲の気圧（大気圧）を計測する気圧計、周囲の温

10

20

30

40

50

度を計測する温度計、及び湿度計等のセンサを備えた環境センサ28からの計測データが所定のサンプリングレートで供給されている。更に、本例の投影露光装置には、例えば照明光学系中で露光光から分岐した光の照度（パルスエネルギー）をモニタすることによって、投影光学系を通過する露光光（照明光）の積算エネルギーを間接的に求める露光量制御系29も備えられており、露光量制御系29からの積算エネルギーの情報も主制御系26に供給されている。周囲の大気圧、及び積算エネルギーが変化すると、投影光学系のベストフォーカス位置、投影倍率、及び諸収差（ディストーション、非点収差、像面湾曲、球面収差、コマ収差等）等の結像特性が次第に変動するため、主制御系26の記憶部には、予め大気圧や積算エネルギー等と投影倍率等の結像特性の変動量との関係がテーブルとして記憶されている。そして、大気圧等の計測値が変動するか、又は積算エネルギーが次第に増大した場合に、主制御系26は結像特性制御系27及び上下方向駆動素子20を介して対応する結像特性の変動量を相殺するように、5個のレンズL11～L24を駆動する。なお、ベストフォーカス位置の変動に対しては、ウエハWのフォーカス位置を制御して対処してもよい。また、必要に応じて更に上下方向駆動素子14、15及び偏心方向駆動素子17を介して主鏡M1及びレンズL2（副鏡M2）を駆動してもよい。

【0053】また、本例の露光光（照明光）は、F₂レーザ（中心波長157.6nm）であるため、その露光光の光路には真空紫外域の光に対しても高い透過率の得られるパージガスが高純度で供給されている。パージガスとしては、窒素ガス、又は希ガス（ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン）等の化学的に不活性な気体が使用できる。窒素ガスは、波長150nm程度までは比較的高い透過率が得られると共に安価であるが、波長が150nm程度以下になると吸収が大きくなる。また、ヘリウムガスは高価であるが、波長100nm程度まで比較的高い透過率が得られる。更に、ヘリウムガスは、熱伝導率が高くて（ネオンの3倍程度、かつ窒素ガスの6倍程度）、温度安定性に優れ、気圧の変化に対する屈折率の変動量が小さい（ネオンの1/2程度、かつ窒素ガスの1/8程度）という利点がある。そこで、本例ではパージガスとしてヘリウムガスを使用するものとする。

【0054】そのため、図3において、第1バレル5のスペーサ用鏡筒24に外部のパージガスの供給装置（不図示）からバルブV5付きの給気管が接続され、その給気管から投影光学系の内部に温度制御された高純度のパージガスが供給されている。そして、第2バレル6の分割鏡筒12にその供給装置に通じるバルブV15付きの排気管が接続され、投影光学系中を流れたパージガスがその排気管を介してその供給装置に戻されている。その供給装置では、戻されたパージガスから不純物を除去し

た後、外部に漏れた量を補充して得られるパージガスを再びその給気管を介して投影光学系内に供給している。

【0055】この場合、給気管よりも下方のレンズL12～L24をそれぞれ駆動する3個の上下方向駆動素子20の間の空間は、パージガスが流通できると共に、能動型分割鏡筒22B～22E内でレンズを保持するレンズ枠21、及び分割鏡筒25A、25Bのレンズ枠には、ほぼ等角度間隔で多数の開口が形成されており、パージガスは第1バレル5内を淀みなく第2バレル6内に向けて流れることができる。更に、第1バレル5内の最上段のレンズL11のレンズ枠21と外筒18との間には、パージガスの漏れを防止するために、一例として蛇腹状の気密性の高い被覆部材9が設けられている。

【0056】また、第2バレル6内に流入したパージガスは、フレーム機構13の間の空間、主鏡M1の外面側の隙間、及び主鏡M1の中央の開口を通過してレンズL2の上部に至り、ここからバルブV15付きの排気管を介して排気される。この際に本例ではウエハWが収納されている気密室（ウエハステージ系が収納されている気密室）にも高純度のパージガスが供給されているため、第2バレル6内のパージガスが最下端のレンズL2の周囲からウエハW側に或る程度漏れ出ても差し支えない。但し、レンズL2の周囲からウエハW側へのパージガスの流出を防止したい場合には、レンズL2の周囲と分割鏡筒46との間を密閉するように被覆部材を設けることが望ましい。

【0057】上記のように本例の投影光学系によれば、一次像（中間像）3を挟んで第1結像光学系K1、及び第2結像光学系K2が配置されており、第1結像光学系K1の光学素子の外径と、第2結像光学系K2の光学素子の外径とが大きく異なっている。そこで、一次像3を挟んで、第1結像光学系K1を第1バレル5で保持して、第2結像光学系K2を第2バレル6で保持する構成とすることによって、投影光学系を構成する全部の光学素子を機械的に保持し易くなっている。

【0058】また、反射屈折光学系の各光学素子について考えると、屈折部材より、反射部材の方が所定位置からずれた場合の収差の発生量が遥かに大きくなる。これは、屈折率が屈折部材では0.5前後なのに対し、反射部材では2になるため、位置がずれた場合の屈折率の変化量は、スネルの法則によって屈折部材に対して反射部材では4倍前後になるためである。一方、個々のバレル5、6は組み立てが完成しても様々な原因で、お互いの位置関係は微妙に変わると考えられる。しかし、各バレル5、6内の光学素子の相対位置は、互いに結びついて保持されているのであまり変わらないと予想される。

【0059】以上のことから、本例のように全ての反射部材（M1、M2）を1個のバレル6内に配置した構成では、仮にそのバレル6が変位した場合でも、その反射部材を含むバレル6を基準に他のバレル5が変位したと

考えれば、実質的に屈折部材のみが動いたことになり、その反射部材を、複数個のバレルに別々に分配した場合に比べて収差の発生量が少なくなる利点がある。

【0060】なお、一般的に反射屈折系で反射面の能力を十分活用するためには、反射面の有効径を十分大きくする必要があり、それに対して屈折部材は、素材径を小さくした方が製造が容易である。これに対処するためには、中間像を作って比較的光束を小さくして、その前後に、屈折部材のみのレンズ群と、反射部材を主な光学要素とするレンズ群を配することが有効である。このように考えると、本例の投影光学系に限らず殆どの中間像を作る反射屈折型の投影光学系において、中間像を作るレンズ群を単位にバレルを構成していけば、各バレル内の光学素子の外径は比較的揃っていて、機械的に保持し易いと共に、中間像の前後で反射部材と屈折部材とが分けられているので、収差の発生量を低くできる。

【0061】続いて、図3の投影光学系の調整能力について説明する。本例の投影光学系には、8面の非球面が含まれており、それらの面は、製造の際に、レンズの光軸に対して、数 μm 程度ずれる恐れがある。このため、たとえレンズの光軸中心を基準に全部のレンズを組み立てたとしても、非球面がずれたことによる高次の偏心収差が発生する恐れがある。これに対処するためには、少なくとも非球面の数と同じか、あるいはそれ以上の数の部材に、偏心調整能力を持たせることが望ましい。

【0062】また、上述のように反射部材が設計位置からずれていると大きな収差が発生する。そのため、本例のように2個以上の反射部材(M1, M2)を含んでいる場合には、必ず一方の反射部材に対して他方の反射部材を調整する必要がある。このため、本例でも、分割鏡筒12, 46で示すように一つの保持ブロックには1個の反射部材しか含まないようにしている。

【0063】続いて、この投影光学系の製造手順の一例につき説明する。本例の投影光学系では通常は反射部材によって発生している収差が大きいと考えられる。しかし、最初に投影光学系の収差を測った結果、大きい収差が発生していることが分かっても、その収差がどこで発生しているのか特定できない場合も多い。このような場合の対策として、予め完成している同じ設計の投影光学系があれば、その完成済みの投影光学系とこれから製造する投影光学系とで1個のバレルのみを交換する方法が考えられる。本例では、反射部材を保持する第2バレル6を完成済みの投影光学系の第2バレルと交換し、その投影光学系の光学像を観測しながら、第2バレル6内の分割鏡筒12, 46を並進あるいはチルトさせて調整する。この場合、もともと完成している投影光学系に対して第2バレルのみを交換したわけであり、光学像を観測したときに発生している収差はすべて交換した第2バレル6により発生している。よって、光学像を観測しながら第2バレル6を調整してやれば、第2バレル6をほぼ

理想位置に近い状態に調整できる。その後、調整済みの第2バレル6と第1バレル5とを合わせて調整するが、この際には第1バレル5のみを調整すればよいので、投影光学系全体の調整を短時間に行うことができる。

【0064】以上のような調整を行えば、光学像は次第に設計値に近づいていく。しかし、その場合でも各分割鏡筒(保持ブロック)間の調整を、投影光学系を一度支持板11から降ろした状態で行う場合には、光学像を見ながらリアルタイムに調整することが出来ないために、各分割鏡筒の調整公差により収差が残存する恐れがある。この残存収差を除去するため、更に大気圧変動等による収差を補正するために、図3の投影光学系では、5個のレンズL11, L12, L22~L24が外部からの制御によって、光軸に沿った上下移動とチルトとができるように構成されている。制御できる光学素子が5個であるのは、3次の光軸方向の収差と、偏心収差とを補正するのに十分な数だからである。この調整機構は第1バレル5に全て含まれている。なぜなら、第2バレル6は反射部材(レンズL2も裏面反射鏡とみなしている)のみで構成されており、反射部材では収差の発生が大きすぎて微調整には向かないからである。この調整機構を使うことで最後に残った収差を除去することができ、最終的に設計値とほぼ同性能の投影光学系を製造できると共に、結像特性を理想状態に維持することができる。

【0065】また、主鏡M1は、フレーム機構13により保持されている。フレーム構造にすることにより、反射鏡の保持部材が鏡筒内部の雰囲気分割しない。これにより、鏡筒内部を例えばヘリウム等の不活性ガスで置換する際に、残留(滞留)ガスを生じさせることなく素早く置換することが可能である。更に、フレーム構造にすることにより、反射鏡の保持部材の軽量化が可能である。

【0066】[第2の実施の形態] 次に、本発明の第2の実施の形態の投影光学系につき図1、図5~図7を参照して説明する。本例も、露光光としてF₂レーザ(中心波長157.6nm)を使用すると共に、2つのそれぞれ光軸近傍に開口が形成された反射鏡を備えた反射屈折型で直筒型の投影光学系に本発明を適用したものであり、図5~図7において、図2、図3に対応する部分には同一又は類似の符号を付してその詳細説明を省略する。

【0067】先ず図1は、この第2の実施の形態の投影光学系の概念図であり、この図1において、本例の投影光学系は第1結像光学系K1と第2結像光学系K2とから構成され、光軸AX上の位置Aの高さYの位置にある物点APからの光が第1結像光学系K1を介して位置Bの高さ $\beta_1 \cdot Y$ (β_1 は0以外の実数)の位置に一次像(中間像)BPを形成し、一次像BPからの光が第2結像光学系K2を介して位置Cの高さ $\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot Y$ (β_2 は0以外の実数)の位置に像点CPを形成する。この

際に、投影光学系全体の投影倍率を β とすると、 $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ が成立している。また、第2結像光学系K2は反射部材を含んでいるものとする。

【0068】図1において、結像光学系K1及びK2はそれぞれ互いに独立に第1バレル5A及び第2バレル6Aによって機械的に一体で保持されている。この場合、バレル5A、6Aを保持するのに最適な点を考えてみると、結像性能を常に高く維持するためには、バレル5A、6Bが傾斜したときでも像シフトが起きない点が好き。そのような点は、例えば第1結像光学系K1が位置A、Bについて $-\beta_1$ 倍 ($\beta_1 > 0$) で作用する場合、位置Aと位置Bとの間を $1 : \beta_1$ に内分する点P1である。何故なら、図1で位置Aと点P1との間隔をL1として、第1結像光学系K1が角度 θ だけ傾斜したとき、もともと位置Aにある点は傾斜した光学系の光軸に対して $L1 \cdot \theta$ の高さにあるので、これが結像する点は傾斜した光軸に対して $-\beta_1 \cdot L1 \cdot \theta$ の高さの点になるが、これは元の光軸上の位置Bにある点に過ぎない。同様に、もともと所定の像高を持つ点についても、光学系が傾斜してもディストーションを除けば像シフトは起

きない。よって、点P1を通り光軸AXに垂直な面内でバレル5Aを保持すれば、バレル5Aが傾斜してもほとんど像シフトが起きなくなる。同様に、位置Bから位置Cに対して結像させる第2結像光学系K2の倍率が β_2 である場合、位置Bと位置Cとの間を $1 : \beta_2$ で内分する点P2で光軸AXに垂直な面内でバレル6Aを保持してやれば良い。

【0069】図5は、この第2の実施の形態の投影光学系のレンズ構成図であり、この図5において、物体面1に配置されるレチクルRのパターンを通過した露光光(照明光)ILが、第1結像光学系K1を介して一次像(中間像)3を形成し、一次像3からの光が第2結像光学系K2を介して像面4に配置されるウエハWの表面にレチクルパターンの二次像(最終像)を縮小倍率で形成する。

【0070】第1結像光学系K1は、レチクル側から順

《表2》

(主要諸元)

$\lambda = 157.624 \text{ nm} \pm 1 \text{ pm}$

$\beta = 0.2500$

$NA = 0.75$

$\phi = 16.4 \text{ mm}$

*に、ウエハ側に凹面を向けた表面反射面を有し且つ中央に開口部(光透過部)7を有する主鏡M1と、レチクル側に凹面を向けた表面反射面を有し且つ中央に開口部(光透過部)8を有する副鏡M2とから構成されている。また、本例の投影光学系は、8枚の非球面ASP1~ASP8を有している。

【0072】そして、第1レンズ群G1は、レチクル側から順に、ウエハ側に凸の非球面ASP1を向けたメニスカス形状のレンズL11と、レチクル側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズL12と、ウエハ側に凸の非球面ASP2を向けたメニスカス形状のレンズL13と、レチクル側に凹の非球面ASP4を向けたメニスカス形状のレンズL14と、両凸形状のレンズL15とから構成されている。また、第2レンズ群G2は、レチクル側から順に、レチクル側に凸の非球面ASP4を向けた両凸形状のレンズL21と、レチクル側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズL22と、レチクル側に凸の非球面ASP5を向けたメニスカス形状のレンズL23と、レチクル側に凸の非球面ASP6を向けた両凸形状のレンズL24と、ウエハ側に凹の非球面ASP7を向けたメニスカス形状のレンズL25と、両凸形状のレンズL26と、レチクル側に凸の非球面ASP8を向けた両凸形状のレンズL27と、両凸形状のレンズL28とから構成されている。

【0073】こうして、図5の投影光学系では、レチクルRのパターンからの光が、第1結像光学系K1を介して、レチクルパターンの一次像(中間像)3を形成する。一次像3からの光は、主鏡M1中央の開口部7を介して副鏡M2で反射された後、主鏡M1で反射される。主鏡M1で反射された光は、副鏡M2の中央の開口部8を介してウエハWの表面にレチクルパターンの二次像を縮小倍率で形成する。

【0074】図5の投影光学系を構成する全ての屈折光学部材(レンズ成分)には蛍石(CaF_2 結晶)を使用している。また、露光光であるF₂レーザ光の発振中心波長は157.624nmであり、発振波長幅は157.624nm \pm 1pm程度に狭帯化されており、中心波長157.624nmに対する CaF_2 の屈折率は1.559238である。更に本例の投影光学系で 사용되는非球面の形状は、(1)式で表される。以下の表2に、表1に対応させて本例の投影光学系の諸元の値を掲げる。

【0075】

レチクル面から第1面までの間隔=97.4647mm

面番号	r	d	光学材料
1	-133.8316	35.0000	CaF ₂
2(ASP1)	-116.4714	1.0000	
3	-554.1774	20.5256	CaF ₂
4	-213.7250	25.1023	
5	-261.9616	20.0289	CaF ₂
6(ASP2)	-168.6391	20.3246	
7(ASP3)	-96.4098	25.0000	CaF ₂
8	-163.9518	5.8731	
9	782.1145	40.0000	CaF ₂
10	-194.0414	1.1373	
11(AS)	∞	20.6498	
12(ASP4)	104.9826	24.2585	CaF ₂
13	-1294.5816	10.7993	
14	-152.5389	20.0000	CaF ₂
15	-858.7147	38.4039	
16(ASP5)	798.2520	20.1464	CaF ₂
17	198.7615	4.1296	
18(ASP6)	261.7539	29.0815	CaF ₂
19	-501.0834	63.3677	
20	3299.4456	30.0000	CaF ₂
21(ASP7)	360.6533	39.6971	
22	1401.8392	34.4568	CaF ₂
23	-170.8148	5.9831	
24(ASP8)	266.5085	24.4029	CaF ₂
25	-370.3218	38.2791	
26	255.6101	39.9997	CaF ₂
27	-1343.1549	49.5384	
28	-142.9084	21.2041	CaF ₂
29	112.3957	14.2675	
30	427.9297	284.4437	(仮想面)
31(M2)	-3734.1426	-284.4437	
32(M1)	427.9297	284.4437	
33	-3734.1426	13.3911	(仮想面)

(非球面データ)

ASP1	ASP2	ASP3
$\kappa = 0.0000$	$\kappa = 0.0000$	$\kappa = 0.0000$
$A = 7.4338 \times 10^{-8}$	$A = -3.1895 \times 10^{-8}$	$A = -1.8862 \times 10^{-7}$
$B = 1.4821 \times 10^{-12}$	$B = 1.5252 \times 10^{-12}$	$B = -2.5593 \times 10^{-12}$
$C = 2.8340 \times 10^{-16}$	$C = -1.5642 \times 10^{-16}$	$C = -1.2889 \times 10^{-15}$
$D = 1.0465 \times 10^{-21}$	$D = 1.0493 \times 10^{-20}$	$D = 1.3308 \times 10^{-19}$
$E = 2.3982 \times 10^{-24}$	$E = -7.2790 \times 10^{-25}$	$E = 2.2662 \times 10^{-23}$
$F = 0.0$	$F = 0.0$	$F = 0.0$
ASP4	ASP5	ASP6
$\kappa = 0.0000$	$\kappa = 0.0000$	$\kappa = 0.0000$
$A = -1.7279 \times 10^{-7}$	$A = -7.8055 \times 10^{-8}$	$A = 1.4844 \times 10^{-8}$
$B = -2.6931 \times 10^{-11}$	$B = 2.4611 \times 10^{-11}$	$B = -1.7927 \times 10^{-11}$
$C = -2.7058 \times 10^{-15}$	$C = -3.3373 \times 10^{-15}$	$C = 3.0001 \times 10^{-15}$
$D = -2.7673 \times 10^{-19}$	$D = -5.8685 \times 10^{-19}$	$D = 3.4128 \times 10^{-19}$

25

$$E = -8.2067 \times 10^{-23}$$

$$F = 0.0$$

A S P 7

$$\kappa = 0.0000$$

$$A = 9.0882 \times 10^{-8}$$

$$B = -1.6366 \times 10^{-12}$$

$$C = 1.4369 \times 10^{-16}$$

$$D = -9.1173 \times 10^{-20}$$

$$E = 4.3321 \times 10^{-24}$$

$$F = 0.0$$

$$E = 6.5684 \times 10^{-23}$$

$$F = 0.0$$

A S P 8

$$\kappa = 0.0000$$

$$A = 1.3982 \times 10^{-8}$$

$$B = 2.9315 \times 10^{-13}$$

$$C = 8.0049 \times 10^{-17}$$

$$D = -2.5823 \times 10^{-20}$$

$$E = 1.2241 \times 10^{-24}$$

$$F = 0.0$$

26

$$E = -7.3746 \times 10^{-23}$$

$$F = 0.0$$

【0076】以上のように、図5の反射屈折型の投影光学系では、F₂ レーザ光に対して、少ないレンズ枚数で、主鏡M1を大型化することなく、0.75の像側NAを確保するとともに、ウエハ上で16.4mmのイメージサークルを確保することができる。次に、図5の投影光学系を投影露光装置に適用した場合の鏡筒の構成につき説明する。

【0077】図6は、図5の投影光学系を投影露光装置に搭載した場合の要部を示す断面図であり、この図6において、レンズL11～L28、及びレンズL30までの第1結像光学系K1が複数の分割鏡筒（保持ブロック）の集合体である第1バレル5A（鏡筒ユニット）によって保持され、主鏡M1、及び副鏡M2よりなる第2結像光学系K2が複数の分割鏡筒（保持ブロック）の集合体である第2バレル6A（鏡筒ユニット）によって保持されている。バレル5Aは投影露光装置の支持板11の上面に着脱自在に取り付けられており、バレル6Aはその支持板11の底面に吊り下げる方式で着脱自在に取り付けられている。

【0078】先ず、第2バレル6Aは、レチクル側から2つの分割鏡筒37及び36を3箇所の上方向駆動素子15を介して連結して構成されている。そして、分割鏡筒36のフランジ部が偏心方向駆動素子17を介してリング状の支持部材35Bで支持され、支持部材35Bは、支持板11に設けられた開口部の周囲の底面に固定された3個のV字型の支持部材34Bに継ぎ手19及び上下方向駆動素子14を介して吊り下げるように支持されている。更に、分割鏡筒37内に偏心方向駆動素子17を介して主鏡M1が保持され、分割鏡筒36内に3箇所の継ぎ手19及び上下方向駆動素子15を介してレンズ枠38が保持され、レンズ枠38によって副鏡M2が保持されている。この構成によって、第2バレル6A全体としての支持板11に対する光軸AX方向の位置、2軸の回りのチルト角、及び光軸AXに垂直な面内の2方向へのシフトの制御（以下、「5自由度の変位の制御」という）を行うことができる。更に、主鏡M1の第2バレル6Aに対する5自由度の変位の制御を行うことができると共に、副鏡M2の第2バレル6Aに対する光軸AX方向の位置、及び2軸の回りのチルト角の制御（以下、「3自由度の変位の制御」という）を行うことがで

きる。

【0079】また、一次像3からウエハWの表面に対する第2結像光学系K2（主鏡M1、副鏡M2）の投影倍率を $-\beta_2$ とすると、第2バレル6Aの支持面である継ぎ手19（支持部材34Bの下端）の中心を通り光軸AXに垂直な面は、一次像3からウエハWの表面までの光軸AXに沿った距離を1： β_2 に内分する点を通りその光軸AXに垂直な面にほぼ接している。本例では $\beta_2 = -0.49$ である。これによって、第2バレル6Aがその支持面の回りに回転しても投影像の横シフトが生じない。

【0080】次に、第1バレル5Aは、レチクル側から順に能動型分割鏡筒44A、分割鏡筒45A、能動型分割鏡筒44B、44C、分割鏡筒39、45B、及び能動型分割鏡筒44D、44Eをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸方向に連結して構成されると共に、中段の分割鏡筒39のフランジ部が、偏心方向駆動素子17を介してリング状の支持部材35Aで支持され、支持部材35Aは、支持板11の開口部の周囲の上面に固定された3個の逆V字型の支持部材34Aに継ぎ手19及び上下方向駆動素子15を介して載置されている。これによって、第1バレル5A全体としての支持板11に対する5自由度の変位の制御を行うことができる。

【0081】また、5個の能動型分割鏡筒44A～44Eは、それぞれ外筒40に対してレンズ枠41、上下方向駆動素子20、及びスペーサ42を収納し（これらの順序は変化することがある）、スペーサ42の内側に偏心方向駆動素子17を介してレンズ枠43を固定して構成され、レンズ枠41及び43内にそれぞれレンズが保持されている。そして、5個の能動型分割鏡筒44A～44Eは、それぞれレンズL11、L14、L22、L26、L30を5自由度の変位の制御ができる状態で保持し、能動型分割鏡筒44A、44B、44DはそれぞれレンズL12、L15、L27を静止状態で保持し、2個の能動型分割鏡筒44C、44EはそれぞれレンズL21、L28をレンズL22、L30と共に3自由度の変位の制御ができる状態で保持している。更に、分割鏡筒45A、45Bはそれぞれレンズ枠41を介してレンズL13、L25を保持し、分割鏡筒39は2つのレ

レンズ枠41を介してレンズL23、L24を保持している。

【0082】そして、図6の全部の上下方向駆動素子14、15、20及び偏心方向駆動素子17の動作も図3の結像特性制御系27と同様の結像特性制御系によって制御されている。その結果、本例においても、投影光学系の組立調整時に、主鏡M1と副鏡M2との位置関係を容易に設計値に追い込むことができると共に、第1バレル5Aを組み立てた後の残留収差を低減することができる。更に、必要に応じて露光工程中に結像特性の補正を行することができる。

【0083】また、レチクルRのパターン面から一次像3に対する第1結像光学系K1（レンズL11～L30）の投影倍率を $-\beta 1$ とすると、第1バレル5Aの支持面である継ぎ手19の中心（支持部材34Aの上端）を通り光軸AXに垂直な面は、レチクルRのパターン面から一次像3までの光軸AXに沿った距離を $1:\beta 1$ に内分する点を通りその光軸AXに垂直な面にはほぼ接している。本例では $\beta 1=-0.51$ であり、これによって、第1バレル5Aがその支持面の回りに回転しても投影像の横シフトが生じない。

【0084】なお、レンズL30は一次像（中間像）3より10mm程度下にあるが、機械的なバランスを考慮して第1バレル5A（第1結像光学系K1）に属している。この場合中間像が虚像になるが、上述の説明が変わる訳ではない。また、本例の投影光学系には8面の非球面が含まれている。そのため、これより多い10個所のブロック構造（分割鏡筒44A、45B、44B、…37、36）がある。これによって、非球面相互の位置関係を設計値に対して高精度に合わせ込むことができる。

【0085】次に、図7は図6の平面図であり、この図7において、図6の上下方向駆動素子20は、光軸AXを中心として等角度間隔で配置された3箇所の位置20A～20Cに配置されている。また、図6の偏心方向駆動素子17は、直交する2方向にレンズ枠43を変位させる駆動部17A、17Cと、これらの駆動部に対してそのレンズ枠43を押し付ける2つの付勢部17B、17Dとから構成されている。更に、レンズ枠43にはパージガスを円滑に流すための8個の開口43aが形成されている。

【0086】図6に戻り、各レンズ枠41にも同様にパージガスを流すための複数の開口が形成されている。本例ではパージガスとして窒素ガスが使用されており、レチクルRが収納されている気密室（レチクルステージ室）に供給された高純度のパージガスは、投影光学系の第1バレル5A内の各レンズ枠41、43の開口を通過して第2バレル6A内に至り、第2バレル6A内に流入したパージガスは、レンズ枠38に設けられた開口（不図示）、及び副鏡M2の中央部の開口を経てウェハWが収納されている気密室（ウェハステージ室）に流れる。

この際に、各レンズ枠41、43には多数の開口が形成されているため、投影光学系の内部の気体をパージガスで置換する際に、残留（滞留）ガスを生じさせることなく素早く置換することが可能である。更に、穴あき構造にすることにより、反射鏡保持部材の軽量化も可能である。

【0087】更に、第1バレル5Aの気密性を高めるために、分割鏡筒44A、45A、44B、…の間にはそれぞれOリング（不図示）が介装されている。更に、第1バレル5Aと第2バレル6Aとの間の空間を密閉するように、一例として伸縮性のある蛇腹状の被覆部材9Aが設けられ、分割鏡筒36、36の間の上下方向駆動素子15を覆うように伸縮性のある被覆部材（不図示）が設けられており、投影光学系の側面から外気が混入しないように構成されている。これによって投影光学系の内部のパージガスは高純度に維持される。

【0088】[第3の実施の形態] 次に、本発明の第3の実施の形態の投影光学系につき図8、図9を参照して説明する。本例は、露光光としてArFエキシマレーザ（中心波長193.3nm）を使用すると共に、所定の反射鏡の外側を光が通過する軸外しの反射屈折型の投影光学系に本発明を適用したものであり、図8、図9において、図2～図6に対応する部分には同一又は類似の符号を付してその詳細説明を省略する。

【0089】図8は、本例の反射屈折型の投影光学系のレンズ構成図であり、この図8において、本例の投影光学系は、物体面1（第1面）にあるレチクルRのパターンの中間像I1を形成するための反射屈折型の第1結像光学系G1と、中間像I1からの光に基づいてレチクルパターンの最終像を像面4（第2面）にあるウェハWの表面上にテレセントリックに形成するための屈折型の第2結像光学系G2とを備えている。そして、第1結像光学系G1、及び第2結像光学系G2は、それぞれ第1バレル5B及び第2バレル6Bによって保持されている。

【0090】まず、第1結像光学系G1は、少なくとも1つの正レンズ成分を含むレンズ群L1と、レンズ群L1を透過した光を反射する第1の反射面M1と、第1の反射面M1で反射した光を第2結像光学系G2へ導くための第2の反射面M2とを有し、第1及び第2の反射面M1、M2の少なくとも一方は凹面反射面である。一例として、レンズ群L1は、レチクル側から順にレチクルに凹面を向けたメニスカス形状のレンズL11と、レチクルに凹面を向けたメニスカス形状の正屈折力のレンズL12と、レチクルに凸の非球面ASP1を向けたメニスカス形状のレンズL13とを有し、反射面M1は、レチクルに対して凹の非球面ASP2であり、反射面M2は、反射面M1に対して凹の非球面ASP3であり、反射面M1と反射面M2との間に両凹形状のレンズL14が配置されている。

【0091】一方、第2結像光学系G2は、一例として

レチクル側から順に両凸形状のレンズL21と、レチクルに凹の非球面ASP4を向けた両凹形状のレンズL22と、両凸形状のレンズL23と、レチクルに凸の非球面ASP5を向けた両凸形状のレンズL24と、レチクルに凹面を向けたメニスカス形状のレンズL25と、両凸形状のレンズL26と、ウエハに凸の非球面ASP6を向けた両凸形状のレンズL27と、それぞれウエハに凹面を向けたメニスカス形状の3枚のレンズL28, L29, L2Aとを有し、レンズL23の入射面の近傍に開口絞りASが配置されている。

【0092】そして、本例の投影光学系が有する全ての光学素子成分は単一の直線状の光軸AX上に配置され、物体面1と像面4とは相互にほぼ平行な平面であり、その投影光学系の射出瞳はほぼ円形である。図8の投影光*

《表3》

(主要諸元)

$\lambda = 193.3 \text{ nm}$ (中心波長)

$\beta = 0.2500$

$\text{NA} = 0.75$

面番号	r	d	光学材料
1	-211.97583	30.000000	SiO ₂
2	-354.80161	35.347349	
3	-8888.21083	38.000000	SiO ₂
4	-227.79960	0.944905	
5(ASP1)	303.84978	27.415767	SiO ₂
6	237634.15996	30.000000	
7(M2)	∞	214.776416	(仮想面)
8	-348.87932	12.000000	SiO ₂
9	4267.07121	5.579827	
10(ASP2)	-362.24910	-5.579827	(M1)
11	4267.07087	-12.000000	SiO ₂
12	-348.87932	-214.776416	
13(ASP3)	642.80918	246.776416	(M2)
14	208.71115	33.000000	SiO ₂
15	-2529.72930	257.546203	
16(ASP4)	-1810.41832	14.500000	SiO ₂
17	851.98207	220.408225	
18	15200.59096	30.000000	SiO ₂
19	-268.76515	0.200000	
20(ASP5)	434.96005	36.013163	CaF ₂
21	-345.83883	10.489902	
22	-215.91874	20.000000	SiO ₂
23	-619.95152	0.200000	
24	415.08345	40.000000	SiO ₂
25	-1275.90912	26.288090	
26	324.91386	35.000000	SiO ₂
27(ASP6)	-740.00769	5.214992	
28	140.91060	34.000000	SiO ₂
29	1406.88948	0.500000	
30	355.40083	17.506069	SiO ₂

* 学系を構成する全ての屈折光学部材(レンズ成分)の内
で1枚のレンズL24については蛍石(CaF₂ 結晶)
を使用しているが、それ以外のレンズについては合成石
英(SiO₂)を使用している。また、露光光であるA
r Fエキシマレーザ光の発振中心波長は193.3 nm
であり、発振波長幅は193.3 nm \pm 0.48 pm程
度に狭帯化されており、中心波長193.3 nmに対す
るSiO₂及びCaF₂の屈折率は以下の通りである。

【0093】SiO₂の屈折率: 1.5603261

CaF₂の屈折率: 1.5014548

更に本例の投影光学系で使用される非球面の形状は、
(1)式で表される。以下の表3に、表1に対応させて
本例の投影光学系の諸元の値を掲げる。

【0094】

31	98.27403	1.561573	
32	105.27944	75.940555	SiO ₂
33	1597.37798	12.920542	

(非球面データ)

A S P 1

$\kappa = 0.000000$

$A = 0.743561 \times 10^{-8}$

$B = -0.230589 \times 10^{-12}$

$C = -0.115168 \times 10^{-17}$

$D = -0.753145 \times 10^{-22}$

$E = 0.0$

$F = 0.0$

A S P 4

$\kappa = 0.000000$

$A = -0.885983 \times 10^{-7}$

$B = -0.200044 \times 10^{-11}$

$C = -0.570861 \times 10^{-16}$

$D = 0.456578 \times 10^{-22}$

$E = -0.493085 \times 10^{-25}$

$F = 0.0$

A S P 2

$\kappa = 3.260270$

$A = 0.859110 \times 10^{-8}$

$B = 0.351935 \times 10^{-12}$

$C = -0.100064 \times 10^{-15}$

$D = 0.318170 \times 10^{-19}$

$E = -0.489883 \times 10^{-23}$

$F = 0.0$

A S P 5

$\kappa = 0.000000$

$A = -0.161380 \times 10^{-7}$

$B = 0.153066 \times 10^{-12}$

$C = 0.108604 \times 10^{-17}$

$D = 0.319975 \times 10^{-21}$

$E = -0.101080 \times 10^{-25}$

$F = 0.0$

A S P 3

$\kappa = 1.840470$

$A = 0.198825 \times 10^{-8}$

$B = 0.556479 \times 10^{-13}$

$C = 0.597091 \times 10^{-18}$

$D = 0.492729 \times 10^{-22}$

$E = -0.103460 \times 10^{-26}$

$F = 0.0$

A S P 6

$\kappa = 0.000000$

$A = 0.138330 \times 10^{-7}$

$B = 0.194125 \times 10^{-12}$

$C = -0.258860 \times 10^{-18}$

$D = -0.196062 \times 10^{-22}$

$E = 0.363539 \times 10^{-26}$

$F = 0.0$

【0095】本例の反射屈折型の投影光学系は、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を抑えた上に、両側テレセントリックであるにもかかわらず露光領域の全てにおいて、収差がバランス良く補正されている。次に、図8の投影光学系を投影露光装置に適用した場合の鏡筒の構成につき説明する。

【0096】図9(a)は、図8の投影光学系を投影露光装置に搭載した場合の要部を示す断面図であり、この図9(a)において、レンズL11~L14、及び反射面M1、M2を持つ反射鏡よりなる第1結像光学系G1が複数の分割鏡筒(保持ブロック)の集合体である第1バレル5B(鏡筒ユニット)によって保持され、レンズL21~L2Aよりなる第2結像光学系G2が複数の分割鏡筒(保持ブロック)の集合体である第2バレル6B(鏡筒ユニット)によって保持されている。第2バレル6Bは投影露光装置の支持板11の上面に着脱自在に取り付けられており、第1バレル5Bはその第2バレル6Bの上面に着脱自在に取り付けられている。

【0097】まず、第2バレル6Bは、レチクル側から順に分割鏡筒51、能動型分割鏡筒56B、55B、分割鏡筒56A、及び能動型分割鏡筒55Aをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト(不図示)によって光軸方向に連結して構成されている。そして、上端の分割鏡筒51のフランジ部が支持板11に設けられた開口部の周囲の上面に不図示のボルトを介して固定され、分割鏡筒51内にレンズ枠52、及び3箇所に設けられたフレーム機構53を介してレンズL21が支持されている。

【0098】この場合、2個の能動型分割鏡筒55A、55Bは、それぞれ外筒54に対してレンズ枠52A、52B、3箇所の継ぎ手19、及び3箇所の上下方向駆

動素子20を収納して構成され、レンズ枠52A、52B内にそれぞれフレーム機構53を介してレンズが保持され、上下方向駆動素子20の上部にフレーム機構53を介してレンズが保持されている。そして、能動型分割鏡筒55Aは、レンズL2A、L29を静止状態で保持し、レンズL28を3自由度の変位の制御ができる状態で保持し、能動型分割鏡筒55Bは、レンズL25、L24を静止状態で保持し、レンズL23を3自由度の変位の制御ができる状態で保持している。また、分割鏡筒56Aは、2枚のレンズL27、L26を静止状態で支持し、能動型分割鏡筒56Bは、3箇所の継ぎ手19、上下方向駆動素子20、及びフレーム機構53を介してレンズL22を3自由度の変位の制御ができる状態で支持している。

【0099】図9(b)は、図9(a)の投影光学系を示す底面図の一部であり、この図9(b)に示すように、フレーム機構53は、ロッド部材と、このロッド部材の両端部を回転可能な状態で支持する2つの保持部材とから構成され、支持対象のレンズの位置が目標位置に達した状態で、その保持部材とそのロッド部材とを固定できるように構成されている。このフレーム機構53を介してレンズを支持することによって、投影光学系の内部をパージガスが滞留することなく流れることができる。

【0100】図9(a)に戻り、第1バレル5Bは、レチクル側から順に能動型分割鏡筒57B、分割鏡筒56E、能動型分割鏡筒56D、57Aをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト(不図示)によって光軸方向に連結して構成されると共に、最下段の能動型分割鏡筒57Aが不図示のボルトを介して第2バレル6Bの分割鏡筒51

の上面に固定されている。そして、能動型分割鏡筒57Aの内部には3箇所（3箇所）の継ぎ手19及び上下方向駆動素子20を介して分割鏡筒56Cが設置され、分割鏡筒56C内にレンズ枠及びフレーム機構53を介して反射面M1を有する反射鏡、及びレンズL14が支持されている。これによって、レンズL14、及び反射面M1を持つ反射鏡は、能動型分割鏡筒57A内で3自由度の変位ができる状態で支持されている。

【0101】また、能動型分割鏡筒56Dの内側には偏心方向駆動素子17を介してレンズ枠52が保持され、レンズ枠52上に3箇所（3箇所）の継ぎ手、上下方向駆動素子20、及びフレーム機構を介して5自由度の変位ができる状態で反射面M2を持つ反射鏡が支持されている。更に、分割鏡筒56E内にフレーム機構を介して静止状態でレンズL13が支持され、最上段の能動型分割鏡筒57Bの内部にレンズ枠52C及びフレーム機構を介してレンズL11が支持されると共に、3箇所（3箇所）の継ぎ手、及び上下方向駆動素子を介して3自由度の変位ができる状態でレンズL12が支持されている。

【0102】そして、図9(a)の全部の上下方向駆動素子20及び偏心方向駆動素子17の動作も図3の結像特性制御系27と同様の結像特性制御系によって制御されている。その結果、本例においても、投影光学系の組立調整時に、反射面M1、M2を持つ2つの反射鏡の位置関係を容易に設計値に追いつくことができると共に、バレル5B、6Bを組み立てた後の残留収差を低減することができる。更に、必要に応じて露光工程中に結像特性の補正を行うことができる。

【0103】また、本例ではページガスとしてアルゴンガス(Ar)が使用されており、最上段の能動型分割鏡筒57BからバルブV5付きの給気管を介して第1バレル5B内に供給されたページガスは、各レンズ又は各反射鏡を支持するフレーム機構53の間を通過して第2バレル6B内に至り、第2バレル6A内に流入したページガスは、各レンズを支持するフレーム機構53の間を通過してウエハWが収納されている気密室（ウエハステージ室）に流れる。この際に、各フレーム機構53の間には障害物がないため、投影光学系の内部の気体をページガスで置換する際に、残留（滞留）ガスを生じさせることなく素早く置換することが可能である。更に、フレーム機構53を使用することにより、反射鏡保持部材の軽量化も可能である。

【0104】更に、バレル5B、6Bの気密性を高めるために、分割鏡筒57B、…、55Aの間にはそれぞれOリング（不図示）が介装されている。更に、第1バレル5Bの最上段のレンズL11の側面を覆うように一例として伸縮性のある蛇腹状の被覆部材9Bが設けられており、投影光学系の内部のページガスは高純度に維持される。

【0105】上記のように本例の投影光学系には6面の

非球面が含まれている。そのため、その鏡筒機構にはその非球面より多い9個のブロック構造（分割鏡筒57B、56E、56D、…、56A、…、55A）がある。また、反射面M1、M2を持つ2つの反射鏡は、それぞれ3自由度の変位が可能であると共に、光軸AXに垂直な面内での相対的なシフトが可能である。

【0106】[第4の実施の形態] 次に、本発明の第4の実施の形態の投影光学系につき図10～図12を参照して説明する。本例は、露光光としてF₂レーザ（波長157nm）を使用すると共に、それぞれ中心に穴が形成された2つの中抜け型の反射鏡を用いる反射屈折型の投影光学系に本発明を適用したものであり、図10～図12において、図2～図9に対応する部分には同一又は類似の符号を付してその詳細説明を省略する。

【0107】図10は、本例の反射屈折型の投影光学系のレンズ構成図であり、この図10において、本例の投影光学系は、物体面1（第1面）にあるレチクルRのパターンの第1中間像を形成するための屈折型の第1結像光学系G1と、その第1中間像からの光より第2中間像を形成する反射屈折型の第2結像光学系G2と、その第2中間像からの光に基づいてレチクルパターンの最終像を像面4（第2面）にあるウエハWの表面上に形成する屈折型の第3結像光学系G2とを備えている。そして、結像光学系G1、G2、G3は、それぞれ第1バレル5C、第2バレル6C、及び第3バレル5Dによって保持されている。

【0108】本例の投影光学系も直筒型であるが、全長が長く（図10の構成例では1450mm程度）振動が伝わり易いため、振動の影響を抑えるために、3個のバレル5C、6C、5Dは、投影露光装置の支持板に対してそれぞれ独立に設置されている（図11参照）。これに対して、仮にバレル5Cがバレル6Cに搭載されるような構成を採用すると、バレル6Cが振動すればバレル5Cにもこの振動が伝わるので好ましくないことになる。

【0109】まず、第1結像光学系G1は、レチクルR側から順にレチクルに凹の非球面ASP1を向けたメニスカス形状のレンズL11と、レチクルに凹面を向けたメニスカス形状のレンズL12と、ウエハに凹の非球面ASP2を向けたメニスカス形状のレンズL13と、レチクルに凸面を向けたメニスカス形状のレンズL14と、ウエハに凹の非球面ASP3を向けたメニスカス形状のレンズL15と、レチクルに凸面を向けたメニスカス形状のレンズL16と、両凸形状の2枚のレンズL17、L18と、レチクルに凹の非球面ASP4を向けたメニスカス形状のレンズL19と、レチクルに凸面を向けたメニスカス形状の2枚のレンズL1A、L1Bと、ウエハに凸の非球面ASP5を向けた両凸形状のレンズL1Cとを有している。

【0110】次に、第2結像光学系G2は、レチクルR

側から順に光軸AXに沿ってウエハに凹面を向けた第1反射鏡M1と、ウエハに凹の非球面ASP6を向けたメニスカス形状のレンズL21と、レチクルに凹の非球面ASP7を向けたメニスカス形状のレンズL22と、レチクルに凹面を向けた第2反射鏡M2とを有している。本例では、反射鏡M1及びM2の光軸AX近傍の領域にそれぞれ第1中間像及び第2中間像が形成されるため、反射鏡M1及びM2の光軸AX近傍の領域には露光光（照明光）を通過させるための貫通穴（不図示）が形成されている。この際に、その貫通穴（遮蔽部）の全結像

10 光束に対する遮蔽率は、NA比で19.5%であり、結像性能に与える影響は少ない。

【0111】一方、第3結像光学系G3は、レチクルR側から順にレチクルに凹の非球面ASP8を向けたメニスカス形状のレンズL31と、両凹形状のレンズL32と、レチクルに凹の非球面ASP9を向けたメニスカス形状のレンズL33と、レチクルに凹面を向けたメニスカス形状のレンズL34と、両凹形状のレンズL35と、ウエハに凹の非球面ASP10を向けたメニスカス形状のレンズL36と、レチクルに凸面を向けたメニスカス形状のレンズL37と、ウエハに凹の非球面ASP11を向けたメニスカス形状のレンズL38と、レチクルに凸面を向けたメニスカス形状のレンズL39と、レ*

《表4》

(主要諸元)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$ (中心波長)

$\beta = 0.2500$

NA = 0.75

レチクル面から第1面までの間隔 = 50.912830 mm

面番号	r	d	光学材料
1(ASP1)	-3000.00000	20.777380	CaF ₂
2	-187.15560	92.403460	
3	-558.99669	25.971725	CaF ₂
4	-210.93675	15.861605	
5	263.61227	25.971725	CaF ₂
6(ASP2)	1257.90730	13.379506	
7	150.00000	29.526565	CaF ₂
8	94.28503	30.499818	
9	420.59234	20.800000	CaF ₂
10(ASP3)	141.55197	13.169057	
11	522.48173	20.722934	CaF ₂
12	155.53167	6.108278	
13	1055.46476	17.359120	CaF ₂
14	-130.14083	22.492621	
15	671.87155	21.568896	CaF ₂
16	-160.00000	37.130352	
17(ASP4)	-225.56184	20.677950	CaF ₂
18	-101.07298	14.929386	
19	156.60829	20.000000	CaF ₂
20	241.09685	3.949536	

* チクルに凹の非球面ASP12を向けた両凹形状のレンズL3Aと、レチクルに凸面を向けたメニスカス形状のレンズL3Bとを有し、レンズL36とレンズL37との間に開口絞りASが配置されている。

【0112】そして、本例の投影光学系が有する全ての光学素子成分は単一の直線状の光軸AX上に配置され、物体面1と像面4とは相互にほぼ平行な平面である。また、反射鏡M1、M2の直径は約260mm以下で、それ以外のレンズ中で2枚の最大のレンズL21、L22の有効径は約246mm以下であり、その他の大部分のレンズの有効径は約183mm以下であるため、本例の投影光学系はコンパクトに設計されている。

【0113】図10の投影光学系を構成する全ての屈折光学部材（レンズ成分）は蛍石（CaF₂結晶）を使用している。露光光であるF₂レーザの中心波長157.6nmに対する蛍石の屈折率は1.5600000である。更に本例の投影光学系で使用される非球面の形状も、(1)式で表される。但し、本例では(1)式中の非球面係数E及びFの値は全て0である。以下の表4及び表5に、表1に対応させて本例の投影光学系の諸元の値を掲げる。

【0114】

21	191.75976	20.777380	CaF ₂
22	480.17990	3.469721	
23	127.28576	33.411885	CaF ₂
24(ASP5)	-1587.54253	29.129562	
25	238.26996	35.886388	仮想面(M1)
26	376.45128	25.609160	CaF ₂
27(ASP6)	150.58157	97.992889	
28(ASP7)	-194.22167	25.609160	CaF ₂
29	-1120.36909	31.786896	
30	-246.29797	-31.786896	(M2)
31	-1120.36909	-25.609160	CaF ₂
32(ASP7)	-194.22167	-97.992889	
33(ASP6)	150.58157	-25.609160	CaF ₂
34	376.45128	-35.886388	
35	238.26996	35.886388	(M1)
36	376.45128	25.609160	CaF ₂
37(ASP6)	150.58157	97.992889	
38(ASP7)	-194.22167	25.609160	CaF ₂
39	-1120.36909	31.786896	
40	-246.29797	31.010448	仮想面(M2)
41(ASP8)	-3000.00000	43.702739	CaF ₂
42	-126.02993	5.832116	
43	-506.82326	18.699642	CaF ₂
44	619.13207	26.763769	
45(ASP9)	-1377.00220	44.048046	CaF ₂
46	-126.12121	5.581666	
47	-3000.00000	31.166070	CaF ₂
48	-211.50805	101.102525	
49	-404.56272	18.699642	CaF ₂
50	3000.00000	18.000000	
51	321.09183	25.000000	CaF ₂
52(ASP10)	3000.00000	31.200000	
53	∞	32.963838	AS
54	179.49045	30.535668	CaF ₂
55	3000.00000	42.026705	
56	228.90738	20.198128	CaF ₂
57(ASP11)	3000.00000	1.123733	
58	100.73952	33.183232	CaF ₂
59	1100.00000	6.964116	
60(ASP12)	-2754.43020	15.000000	CaF ₂
61	493.21390	6.009195	
62	164.38322	40.068312	CaF ₂
63	2793.72651	13.234625	

【0115】

《表5》

(非球面データ)

ASP1	ASP2	ASP3
$\kappa = 0.000000$	$\kappa = 0.000000$	$\kappa = 0.000000$
$A = -0.414199 \times 10^{-7}$	$A = -0.355346 \times 10^{-7}$	$A = -0.137576 \times 10^{-6}$
$B = 0.101382 \times 10^{-11}$	$B = 0.293775 \times 10^{-11}$	$B = -0.430519 \times 10^{-10}$

39

$$C = -0.507220 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.410909 \times 10^{-20}$$

A S P 4

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = -0.144554 \times 10^{-6}$$

$$B = 0.106034 \times 10^{-10}$$

$$C = -0.946352 \times 10^{-15}$$

$$D = 0.959437 \times 10^{-20}$$

A S P 7

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = 0.132322 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.673254 \times 10^{-12}$$

$$C = 0.256289 \times 10^{-16}$$

$$D = 0.413237 \times 10^{-21}$$

A S P 10

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = 0.262291 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.174496 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.726166 \times 10^{-16}$$

$$D = -0.125632 \times 10^{-20}$$

$$C = 0.514678 \times 10^{-17}$$

$$D = 0.170581 \times 10^{-19}$$

A S P 5

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = 0.223492 \times 10^{-6}$$

$$B = 0.383833 \times 10^{-11}$$

$$C = -0.194220 \times 10^{-14}$$

$$D = 0.106429 \times 10^{-17}$$

A S P 8

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = -0.241471 \times 10^{-6}$$

$$B = -0.189700 \times 10^{-10}$$

$$C = 0.150133 \times 10^{-14}$$

$$D = -0.600549 \times 10^{-18}$$

A S P 11

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = 0.118587 \times 10^{-7}$$

$$B = -0.220599 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.904169 \times 10^{-16}$$

$$D = -0.814939 \times 10^{-20}$$

40

$$C = 0.994337 \times 10^{-14}$$

$$D = -0.468002 \times 10^{-17}$$

A S P 6

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = -0.161976 \times 10^{-7}$$

$$B = -0.584652 \times 10^{-12}$$

$$C = -0.193271 \times 10^{-16}$$

$$D = -0.650552 \times 10^{-21}$$

A S P 9

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = -0.502983 \times 10^{-7}$$

$$B = 0.363010 \times 10^{-11}$$

$$C = -0.133698 \times 10^{-16}$$

$$D = -0.278297 \times 10^{-20}$$

A S P 12

$$\kappa = 0.000000$$

$$A = -0.182017 \times 10^{-7}$$

$$B = -0.884609 \times 10^{-11}$$

$$C = 0.715263 \times 10^{-15}$$

$$D = -0.161609 \times 10^{-19}$$

【0116】本例の反射屈折型の投影光学系は、F₂ レーザの中心波長に対して1 pm程度の波長幅で色収差が補正されると共に、球面収差、コマ収差、非点収差及び歪曲収差等が良好に補正されており、優れた結像性能を備えている。次に、図10の投影光学系を投影露光装置に適用した場合の鏡筒の構成につき説明する。

【0117】図11は、図10の投影光学系を投影露光装置に搭載した場合の要部を示す断面図であり、この図11において、レンズL11～L1Cよりなる第1結像光学系G1が複数の分割鏡筒（保持ブロック）の集合体である第1バレル5C（鏡筒ユニット）によって保持され、反射鏡M1、M2及びレンズL21、L22よりなる第2結像光学系G2が複数の分割鏡筒の集合体である第2バレル6Cによって保持され、レンズL31～L3Bよりなる第3結像光学系G2が複数の分割鏡筒の集合体である第3バレル5Dによって保持されている。第1バレル5C、及び第2バレル6Cは、互いに独立に投影露光装置の支持板11の上面に着脱自在に取り付けられており、第3バレル5Dはその支持板11の開口の周囲の底面に吊り下げる形で着脱自在に取り付けられている。

【0118】先ず、第3バレル5Dは、基本的にレチクル側から順に能動型分割鏡筒67E、分割鏡筒67D、67C、能動型分割鏡筒67A、及び分割鏡筒67Bをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸方向に連結して構成されている。そして、中央部の能動型分割鏡筒67Aが、偏心方向駆動素子17を介してリング状の支持部材35Bで支持され、支持部材35Bが3箇所の上下方向駆動素子14、及び継ぎ手19を介して支持板11の底面に吊り下げられるように連結さ

れている。

【0119】また、最下段の分割鏡筒67Bは、それぞれレンズ枠68を介して2枚のレンズL3A、L3Bを静止状態で保持し、その上の能動型分割鏡筒67Aは、レンズL39を静止状態で保持すると共に、3箇所の継ぎ手、上下方向駆動素子20、及びレンズ枠69を介してレンズL38を3自由度の変位の制御ができる状態で保持する。その上の2つの分割鏡筒67C及び67Dは、それぞれ2枚のレンズL35、L36及び2枚のレンズL33、L34を静止状態で保持し、最上段の能動型分割鏡筒67Eは、レンズL32を静止状態で保持すると共に、3箇所の継ぎ手、及び上下方向駆動素子20を介してレンズL31を3自由度の変位の制御ができる状態で保持する。

【0120】次に、第2バレル6Cは、基本的にレチクル側から順に能動型分割鏡筒64A及び64Bを3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸方向に連結して構成されている。そして、上部の能動型分割鏡筒64Aが、偏心方向駆動素子17を介してリング状の支持部材35Aで支持され、支持部材35Aが3箇所の上下方向駆動素子15、及び継ぎ手を介して支持板11の上面の3箇所の逆V字型の支持部材34Aの上端に連結されている。

【0121】この場合、能動型分割鏡筒64Aは、継ぎ手及び上下方向駆動素子20を介して3自由度の変位制御ができる状態で能動型分割鏡筒65Aを保持し、能動型分割鏡筒65Aは、継ぎ手、上下方向駆動素子20、及びレンズ枠を介してレンズL21を3自由度の変位制御ができる状態で保持すると共に、レンズ枠66を介して反射鏡M1を静止状態で保持する。更に、能動型分割

鏡筒64Bは、偏心方向駆動素子17を介して分割鏡筒65Bを保持し、分割鏡筒65Bは、それぞれレンズ枠を介してレンズL22及び反射鏡M2を静止状態で保持する。この結果、2枚の反射鏡M1、M2は、光軸AXに垂直な面内で直交する2方向に相対移動自在に、かつ光軸AX方向及び2軸の回りのチルト角の方向に相対変位自在に保持されている。

【0122】次に、第1バレル5Cは、基本的にレチクル側から順に能動型分割鏡筒63E、分割鏡筒63D、能動型分割鏡筒63C、2つの分割鏡筒63B、61、及び能動型分割鏡筒63Aをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸方向に連結して構成されている。そして、中央部の分割鏡筒61のフランジ部が、偏心方向駆動素子17を介してリング状の支持部材35Cで支持され、支持部材35Cが3箇所の上方向駆動素子15、及び継ぎ手を介して支持板11の上面の3箇所の逆V字型の支持部材34Cの上端に連結されている。この場合、支持部材34Cは支持板11上で第2バレル6C用の支持部材34Aの外側に固定されている。

【0123】そして、最下段の能動型分割鏡筒63Aは、それぞれレンズ枠を介して2枚のレンズL1B、L1Cを静止状態で保持すると共に、上下方向駆動素子20を介してレンズL1Aを3自由度の変位制御ができる状態で保持し、その上の分割鏡筒61は、レンズ枠を介して3枚のレンズL17～L19を静止状態で保持し、その上の分割鏡筒63Bは、レンズ枠を介して2枚のレンズL15、L16を静止状態で保持する。更に、その能動型分割鏡筒63Cは、3箇所の継ぎ手、上下方向駆動素子20、及びレンズ枠を介してレンズL14を3自由度の変位制御ができる状態で保持すると共に、レンズL13を静止状態で保持し、その上の分割鏡筒63Dは、レンズL12を静止状態で保持し、最上段の能動型分割鏡筒63Eは、3箇所の継ぎ手19、上下方向駆動素子20、及びレンズ枠を介してレンズL11を3自由度の変位制御ができる状態で保持する。

【0124】このように本例の投影光学系を保持する3個のバレル5C、6C、5Dはそれぞれ支持板11に対して5自由度の変位制御ができる状態で支持されると共に、第2バレル6C以外で5個のレンズが3自由度の変位制御ができる状態で支持されている。図11の全部の上下方向駆動素子14、15、20及び偏心方向駆動素子17の動作も図3の結像特性制御系27と同様の結像特性制御系によって制御されている。その結果、本例においても、投影光学系の組立調整時に、反射鏡M1、M2の位置関係を容易に設計値に追い込むことができると共に、バレル5C、6C、5Dを組み立てた後の残留収差を低減することができる。更に、必要に応じて露光工程中に結像特性の補正を行うことができる。

【0125】また、本例の投影光学系の内部にはページ

ガスとしてアルゴンガス（Ar）が供給されており、最上段の能動型分割鏡筒63EからバルブV5付きの給気管を介して第1バレル5C内に供給されたパージガスは、各レンズ又は各反射鏡を支持するレンズ枠の開口（不図示）を通過して第2バレル6C内に至る。図12は、図11の投影光学系の第2バレル6CをCC線に沿って見た平面図であり、この図12に示すように、反射鏡M1を保持するレンズ枠66には等角度間隔で多数の開口66aが形成されている。

【0126】図11に戻り、他のレンズ（最上段のレンズL11を除く）及び反射鏡M2を保持するレンズ枠にもそれぞれ多数の開口が形成されている。この結果、第2バレル6C内を流れたパージガスは、第3バレル5D内を通過して、ウエハWが収納されている気密室（ウエハステージ室）に流れる。このように多数の開口を有するレンズ枠66等を使用することによって、投影光学系の内部をパージガスが滞留することなく流れることができる。更に、レンズ枠66を使用することにより、反射鏡保持部材の軽量化も可能である。

【0127】更に、バレル5C、6C、5D間の気密性を高めるために、バレル5Cとバレル6Cとの間、及びバレル6Cとバレル5Dとの間にはそれぞれ一例として伸縮性のある蛇腹状の被覆部材9C、9Dが設けられており、投影光学系の内部のパージガスは高純度に維持される。また、図11において、各バレル5C、6C、5Dは、それぞれ傾斜したときに像の横ズレがもっとも発生しにくい位置で保持するのが好ましい。このためには、第2の実施の形態と同様に、k番目のバレル（ $k=1, 2, \dots$ ）が形成する像の倍率が $-\beta k$ （ $\beta k > 0$ ）であるとき、そのバレルは、第k面と第（ $k+1$ ）面との間を光軸AXに沿って $1:\beta$ で内分する点を通り、その光軸AXに垂直な平面の近傍で保持すればよい。この説明は、途中で中間像が形成される回数が増えても本質的には変わらない。

【0128】本例では、一例として中間像がレチクルRのパターン面の位置から、それぞれウエハ側に626mm、及び830mmの位置に形成されている。また、その際の結像倍率は、第1結像光学系G1（第1バレル5C）、第2結像光学系G2（第2バレル6C）、及び第3結像光学系G3（第3バレル5D）でそれぞれ-0.35倍、-0.99倍、-0.72倍である。また、投影光学系全体の倍率は-0.25倍である。よって、第1バレル5C、第2バレル6C、及び第3バレル5Dの保持位置は、それぞれ、レチクルRのパターン面から464mm、729mm、及び1190mmの位置にあることが望ましい。また、投影光学系全体を支持する支持板11の中心は物点と像点とを $1:0.25$ で内分する位置（つまりレチクルRのパターンから1160mmの位置）にあることが望ましい。

【0129】また、本例の投影光学系は12面の非球面

加工が施されている。そのため、3個のバレル5C、6C、5Dは、12個より多い13個のブロックに分けられている。なお、上記の各実施の形態において、各ブロック（例えば図3の能動型分割鏡筒22A～22E等）に含まれる非球面が複数あると、その非球面同士が大きく偏心している場合に、そのブロックで発生した非球面による高次の偏心収差を補正することは困難である。そのため、1個のブロックに含まれる非球面は1面以下であることが望ましい。上記の各実施の形態は、全てこの条件を満たしている。

【0130】【第5の実施の形態】次に、本発明の第5の実施の形態の投影光学系につき図13～図15を参照して説明する。本例は、露光光としてF₂レーザ（波長157nm）を使用すると共に、2つの光路折り曲げ鏡を有する反射屈折型の投影光学系に本発明を適用したものであり、図13～図15において、図2～図12に対応する部分には同一又は類似の符号を付してその詳細説明を省略する。

【0131】図13は、本例の反射屈折型の投影光学系のレンズ構成図であり、この図13において、本例の投影光学系は、物体面1（第1面）にあるレチクルRのパターンの第1中間像を形成するための屈折型の第1結像光学系G1と、その第1中間像からの光より第2中間像を形成する反射屈折型の第2結像光学系G2と、その第2中間像からの光に基づいてレチクルパターンの最終像を像面4（第2面）にあるウエハWの表面上に形成する屈折型の第3結像光学系G2とを備えている。

【0132】第1結像光学系G1が形成する第1中間像の形成位置の近傍には、第1光路折り曲げ鏡AMが配置されている。第1光路折り曲げ鏡AMは、第1中間像へ向かう光束または第1中間像からの光束を第2結像光学系G2に向かって偏向する。第2結像光学系G2は、凹面反射鏡CMと少なくとも1つのレンズよりなる負レンズ群G4とを有し、第1中間像からの光束に基づいて第1中間像とほぼ等倍の第2中間像（第1中間像の像であってレチクルパターンの2次像）を第1中間像の形成位置の近傍に形成する。

【0133】第2結像光学系G2が形成する第2中間像の形成位置の近傍には、第2光路折り曲げ鏡BMが配置されている。第2光路折り曲げ鏡BMは、第2中間像へ向かう光束または第2中間像からの光束を屈折型の第3結像光学系G3に向かって偏向する。ここで、第1光路折り曲げ鏡AMの反射面と第2光路折り曲げ鏡BMの反射面とは、空間的に重複しないように位置決めされている。第3結像光学系G3は、第2中間像からの光束に基づいて、レチクルRのパターンの縮小像（第2中間像の像であって反射屈折光学系の最終像）を、第1面と平行である第2面に配置された感光性基板としてのウエハW上に形成する。

【0134】これらの結像光学系G1、G2、G3は、

図14に示すようにそれぞれ第1バレル5E、第2バレル6D、及び第3バレル5Fによって保持されている。本例の投影光学系は、2つの光軸を有する軸外し型であるが、前述の実施形態とは異なり、3個のバレル5E、6D、5Fは一体的に設置されている。ここで言う「一体的に設置」とは、投影光学系が組み上げられた後で互いに固定されている状態を指し、組み上げ時には3個のバレル5E、6D、5Fは、互いにそれらの位置及び間隔が変更可能である。

10 【0135】本例では、複数のレンズを含む屈折光学系である第1結像光学系G1及び第3結像光学系G3で生じる色収差及び正值のペッツバル和を、第2結像光学系G2の凹面反射鏡CMにより補償する。また、第2結像光学系G2がほぼ等倍の結像倍率を有する構成により、第1中間像の近傍に第2中間像を形成することが可能となる。本例では、この2つの中間像の近傍において光路分離を行うことにより、露光領域（即ち実効露光領域）の光軸からの距離、即ち軸外し量を小さく設定することができる。これは、収差補正の点で有利となるだけでなく、光学系の小型化、光学調整、機械設計、製造コストなどの点でも有利となる。

20 【0136】第2結像光学系G2は、第1結像光学系G1及び第3結像光学系G3で生じる色収差及び正值のペッツバル和の補償を一手に負担する。このため、第2結像光学系G2を構成する凹面反射鏡CM及び負レンズ群G4のパワーを共に大きく設定する必要がある。したがって、第2結像光学系G2の対称性が崩れると、倍率色収差や色コマ収差のような非対称色収差の発生量が大きくなり、十分な解像力を得ることができなくなってしまう。そこで、本例では、第2結像光学系G2の結像倍率をほぼ等倍に設定し、且つその瞳位置の近傍に凹面反射鏡CMを配置することのできる構成を採用することにより、良好な対称性を確保し、上述の非対称色収差の発生を防ぐことに成功している。

30 【0137】また、本例では光路折り曲げ鏡AM、BMは1つの反射鏡ブロックFMで兼用されているが、光路折り曲げ鏡AM、BMを2枚の平面ミラーより形成してもよい。そして、本例では、第1光路折り曲げ鏡AMの反射面の仮想延長面（平面状の反射面を無限に延長して得られる仮想面）と第2光路折り曲げ鏡BMの反射面の仮想延長面との交線が、第1結像光学系G1の光軸AX1、第2結像光学系G2の光軸AX2、及び第3結像光学系G3の光軸AX3と一点（基準点）で交わるように設定されている。この構成により、第1結像光学系G1の光軸AX1と第3結像光学系G3の光軸AX3とが共通光軸となるように設定することが可能となり、とりわけ3つの光軸AX1～AX3及び2つの反射面を1つの基準点に関連して位置決めすることが可能となるので、光学系の安定性が増し、光学調整及び機械設計が容易となる。また、第2結像光学系G2の光軸AX2が第1結

像光学系G1の光軸AX1及び第3結像光学系G3の光軸AX3と直交するように設定することにより、さらに精度の高い光学調整が容易になり、光学系のさらに高い安定性を達成することができる。

【0138】次に、各結像光学系G1、G2、G3の構成について説明する。第1結像光学系G1は、レチクル側から順に、ウエハ側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸レンズL12と、両凸レンズL13と、両凸レンズL14と、レチクル側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた正メニスカスレンズL16と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL17と、レチクル側に凹面を向けた正メニスカスレンズL18と、両凸レンズL19と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL110とから構成されている。

【0139】また、第2結像光学系G2は、光の進行往路に沿ってレチクル側（即ち入射側）から順に、レチクル側に凹面を向けた負メニスカスレンズL21と、レチクル側に非球面形状の凹面を向けた負メニスカスレンズL22と、凹面反射鏡CMとから構成され、2枚の負メニスカスレンズL21、L22より負レンズ群G4が構成されている。この場合、2つの光路折り曲げ鏡AM、BMも第2結像光学系G2の一部であるとみなすことが*

*できる。

【0140】さらに、第3結像光学系G3は、光の進行方向に沿ってレチクル側から順に、レチクル側に非球面形状の凸面を向けた両凸レンズL31と、両凸レンズL32と、両凸レンズL33と、両凹レンズL34と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL35と、開口絞りASと、ウエハ側に非球面形状の凸面を向けた両凸レンズL36と、両凸レンズL37と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL38と、レチクル側に凸面を向けた正メニスカスレンズL39と、両凹レンズL310と、ウエハ側に平面を向けた平凸レンズL311とから構成されている。

【0141】図13の投影光学系を構成する全ての屈折光学部材（レンズ成分）は蛍石（ CaF_2 結晶）を使用している。露光光である F_2 レーザの中心波長157.6nmに対する蛍石の屈折率は1.559238である。更に本例の投影光学系で使用される非球面の形状も、(1)式で表される。但し、本例では(1)式中の非球面係数E及びFの値は全て0である。以下の表6及び表7に、表1に対応させて本例の投影光学系の諸元の値を掲げる。

【0142】

《表6》

(主要諸元)

$$\lambda = 157.624 \text{ nm}$$

$$\beta = -0.25$$

$$NA = 0.75$$

$$\text{レチクル面から第1面までの間隔} = 129.131192 \text{ mm}$$

面番号	r	d	光学材料
1	8233.14221	20.000000	CaF_2 (レンズL11)
2(ASP1)	229.43210	8.970677	
3	286.74048	31.000034	CaF_2 (レンズL12)
4	-803.12188	1.000000	
5	666.75874	33.633015	CaF_2 (レンズL13)
6	-296.74142	1.000000	
7	180.00000	38.351830	CaF_2 (レンズL14)
8	-2028.08028	13.262240	
9	201.14945	12.933978	CaF_2 (レンズL15)
10	128.43682	221.621142	
11(ASP2)	-127.65364	20.866949	CaF_2 (レンズL16)
12	-120.00000	1.000000	
13	-302.13109	23.424817	CaF_2 (レンズL17)
14	-150.00000	1.000000	
15	-1158.54680	23.049991	CaF_2 (レンズL18)
16	-228.52501	1.000000	
17	433.60390	22.934308	CaF_2 (レンズL19)
18	-656.20038	1.000000	
19	188.30389	21.335899	CaF_2 (レンズL110)
20	563.10068	86.000000	

47

48

21	∞	-273.261089	(第1光路折り曲げ鏡AM)
22	114.73897	-12.000000	CaF ₂ (レンズL21)
23	453.07648	-16.355803	
24(ASP3)	172.15013	-13.328549	CaF ₂ (レンズL22)
25	395.88538	-28.227312	
26	162.85844	28.227312	(凹面反射鏡CM)
27	395.88538	13.328549	CaF ₂ (レンズL22)
28(ASP3)	172.15013	16.355803	
29	453.07648	12.000000	CaF ₂ (レンズL21)
30	114.73897	273.261089	
31	∞	-94.835481	(第2光路折り曲げ鏡BM)
32(ASP4)	-774.94652	-26.931959	CaF ₂ (レンズL31)
33	275.96516	-1.000000	
34	-376.08486	-31.371246	CaF ₂ (レンズL32)
35	388.08658	-1.000000	
36	-219.25460	-29.195314	CaF ₂ (レンズL33)
37	4359.72825	-32.809802	
38	505.14516	-12.000000	CaF ₂ (レンズL34)
39	-128.75641	-209.396172	
40	-180.58054	-24.481519	CaF ₂ (レンズL35)
41	-331.81286	-14.336339	
42	∞	-30.366910	(開口絞りAS)
43	-1502.56896	-24.392042	CaF ₂ (レンズL36)
44(ASP5)	933.76923	-1.000000	
45	-357.34412	-25.686455	CaF ₂ (レンズL37)
46	2099.98513	-1.000000	
47	-163.08575	-32.557214	CaF ₂ (レンズL38)
48	-631.02443	-1.000000	
49	-124.04732	-35.304921	CaF ₂ (レンズL39)
50	-639.72650	-18.536315	
51	467.75212	-40.196625	CaF ₂ (レンズL310)
52	-616.22436	-1.000000	
53	-95.47627	-38.068687	CaF ₂ (レンズL311)
54	∞	-11.016920	

(ウエハ面)

【0143】

《表7》

(非球面データ)

(ASP1)

$\kappa = 0.000000$
 $A = 0.174882 \times 10^{-7}$
 $B = -0.593217 \times 10^{-12}$
 $C = -0.194756 \times 10^{-16}$
 $D = 0.677479 \times 10^{-21}$
 $E = -0.212612 \times 10^{-25}$
 $F = -0.320584 \times 10^{-30}$

(ASP4)

$\kappa = 0.000000$
 $A = 0.253400 \times 10^{-7}$
 $B = -0.505553 \times 10^{-12}$

(ASP2)

$\kappa = 0.000000$
 $A = -0.130822 \times 10^{-7}$
 $B = 0.512133 \times 10^{-12}$
 $C = 0.875810 \times 10^{-16}$
 $D = 0.138750 \times 10^{-19}$
 $E = -0.203194 \times 10^{-25}$
 $F = 0.241236 \times 10^{-27}$

(ASP5)

$\kappa = 0.000000$
 $A = -0.140105 \times 10^{-7}$
 $B = -0.779968 \times 10^{-12}$

(ASP3)

$\kappa = 0.000000$
 $A = -0.293460 \times 10^{-7}$
 $B = -0.868472 \times 10^{-12}$
 $C = -0.848590 \times 10^{-17}$
 $D = -0.159330 \times 10^{-22}$
 $E = 0.868714 \times 10^{-26}$
 $F = -0.116970 \times 10^{-29}$

$$\begin{aligned}
 C &= 0.151509 \times 10^{-16} & C &= -0.148693 \times 10^{-16} \\
 D &= -0.433597 \times 10^{-21} & D &= 0.100788 \times 10^{-21} \\
 E &= 0.841427 \times 10^{-26} & E &= -0.251962 \times 10^{-26} \\
 F &= 0.165932 \times 10^{-30} & F &= 0.104216 \times 10^{-29}
 \end{aligned}$$

【0144】 以上のように、図13の反射屈折型の投影光学系では、中心波長が157.624nmのF₂レーザ光に対して、少ないレンズ枚数で0.75の像側NAを確保すると共に、ウエハ上で半径14.6mmのイメージサークルを確保することができる。従って、図13の投影光学系を投影露光装置に適用した場合、0.1μm以下の高解像を達成することができる。また、図13の投影光学系をステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用する場合には、ウエハ上での露光領域を例えば22mm×6.6mmの矩形状に設定することができる。

【0145】 次に、図13の投影光学系を投影露光装置に適用した場合の鏡筒の構成につき説明する。図14は、図13の投影光学系を投影露光装置に搭載した場合の要部を示す断面図であり、この図14において、レンズL11～L110よりなる第1結像光学系G1が複数の分割鏡筒（保持ブロック）の集合体である第1バレル5E（鏡筒ユニット）によって光軸AX1に沿って保持され、光路折り曲げ鏡AM、BM（反射鏡ブロックFM）、レンズL21、L22及び凹面鏡CMよりなる第2結像光学系G2が複数の分割鏡筒の集合体である第2バレル6Dによって光軸AX2に沿って保持され、レンズL31～L311よりなる第3結像光学系G2が複数の分割鏡筒の集合体である第3バレル5Fによって光軸AX3に沿って保持されている。なお、光軸AX1及びAX3は共軸であり、光軸AX2はこれらの光軸AX1、AX3と直交している。

【0146】 ここで、第1バレル5Eは、第2バレル6Dの上面に取り付けられており、第2バレル6Dは、第3バレル5Fの上面に取り付けられている。そして、第3バレル5Fは、投影露光装置本体の支持板11の開口部に搭載されている。次に、各バレル5E、5F、6Dの構成について説明する。まず、第3バレル5Fは、複数の分割鏡筒76A～76C、能動型分割鏡筒77、分割鏡筒78、76D、79、76E～76Jをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸AX3方向に連結して構成されている。そして、分割鏡筒76A～76JはレンズL31～L311をそれぞれ保持するレンズ枠80A～80Jを有している。ここで、レンズ枠80A～80Iには、前述の図7及び図12の例と同様にパージガスを円滑に流すための開口が設けられている。そして、能動型分割鏡筒77は、外筒部18に対して3箇所の位置で回転自在の継ぎ手19、及び上下方向駆動素子20を介してレンズ枠81を配置して構成され、そのレンズ枠81内に光学素子（レンズL34）が保持されている。

【0147】 図15は、能動型分割鏡筒77を示す斜視図であり、この図15において、上下方向駆動素子20は、光軸AX3を中心として120°間隔の3箇所に取り付けられている。これら3つの上下方向駆動素子20の駆動によりレンズL34は、能動型分割鏡筒77の外筒部18に対して、光軸AX3に沿った方向、及び光軸と直交する2つの軸を中心とした回転方向の3自由度の変位が可能となる。なお、レンズ枠81には、パージガスを円滑に流すための複数の開口81aが設けられている。

【0148】 図14に戻り、本実施形態においては、上述の実施形態とは異なり、レンズを保持するためのレンズ枠80A～80Jが分割鏡筒76A～76Jの外筒部（連結部分）と一体的に設けられている。なお、これら分割鏡筒76A～76Jの外筒部とレンズ枠80A～80Jとを弾性ヒンジ等でキネマティックに連結しても良い。この場合、分割鏡筒76A～76Jにかかる応力がレンズ枠80A～80Jを介してレンズL31～L311へ伝わる恐れが無く、レンズL31～L311が応力変形することによる結像性能劣化を招く恐れが無い利点がある。なお、レンズ枠80A～80Jにおけるレンズ保持部分と開口部が設けられて分割鏡筒80A～80Jの外筒部に接続されている部分とを弾性ヒンジ等でキネマティックに連結しても同様の効果が得られる。

【0149】 また、第3バレル5Fにおいて、分割鏡筒78には露光装置本体の支持板11に接続するためのフランジ部分が設けられており、分割鏡筒79には、投影光学系の開口数を可変とするための可変開口絞りASが設けられている。さて、第2バレル6Dは、上面で第1バレル5Eと接続されるとともに、下面で第3バレル5Fと接続されて光路折り曲げ鏡AM、BM（反射鏡ブロックFM）を収納する分割鏡筒73Aと、レンズL21、L22を収納する分割鏡筒73B、73Cと、凹面反射鏡CMを収納する分割鏡筒73Dと、第2バレル6Dにおけるパージ蓋となる分割鏡筒73Eとを有しており、これらの分割鏡筒73A～73Eは、それぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸AX2方向に連結されている。

【0150】 ここで、分割鏡筒73Aは、第1バレル5E及び第3バレル5Fとそれぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸AX1（AX3）方向に連結されている。そして、分割鏡筒73Aはアーム74Aを有しており、このアーム74Aは、保持部75Aを介して反射鏡ブロックFMを保持している。また、分割鏡筒73B、73Cは、それぞれレンズL21及びL22を保持するレンズ枠74B及び74Cを有している。こ

ここで、レンズ枠74B及び74Cには、前述の図7及び図12の例と同様にパージガスを円滑に流すための開口が設けられている。分割鏡筒74Dは凹面鏡CMを保持するレンズ枠74Dを有している。

【0151】さて、第1バレル5Eは、レチクル側から順に、分割鏡筒70A、能動型分割鏡筒71A、分割鏡筒70B、能動型分割鏡筒71B、分割鏡筒70C、能動型分割鏡筒71C、分割鏡筒70D、能動型分割鏡筒71D、及び分割鏡筒70E、70Fをそれぞれ3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸AX1方向10に連結して構成されている。ここで分割鏡筒70Fは、第2バレル6Dの分割鏡筒73Aと3箇所以上の位置でボルト（不図示）によって光軸AX1方向に連結されている。

【0152】ここで、分割鏡筒70Aの構成は、上述の分割鏡筒76A～76Jとはレンズ枠に開口部が設けられていない点で異なる。また、分割鏡筒70B～70Fの構成は、上述の分割鏡筒76A～76Jと同様であるためここでは説明を省略する。また、能動型分割鏡筒71A～71Dの構成は、上述の能動型分割鏡筒77と同様であり、それぞれ光学素子（レンズL12、L14、L16、L18）を光軸AX1方向、及び光軸AX1と直交する2軸に関する回転方向の3自由度の制御ができる状態で支持している。

【0153】図14の例では、第1バレル5Eの能動型分割鏡筒71AにバルブV5付きの給気管が接続されており、第2バレル6Dの分割鏡筒73DにバルブV5付きの給気管が接続されている。これらの給気管を介して投影光学系の内部に温度制御された高純度のパージガスが供給されている。このパージガスは、レンズ枠に設けられた開口を経て各バレル5E、6D、5F内を流れ、第3バレル5Fの分割鏡筒76Jに接続されたバルブV15付きの排気管から投影光学系の外部へ排出される。

【0154】本例では、2個以上の反射部材（FM、CM）を含んでおり、上述の実施形態と同様に、一方の反射部材に対して他方の反射部材を調整する必要がある。そこで、本例でも、分割鏡筒73A、73Dで示すように一つの保持ブロックには1つの反射部材しか含まないようにしている。続いて、この投影光学系の製造手順の一例について簡単に説明する。本例の投影光学系は、屈折型の第1及び第3結像光学系G1、G3と反射屈折型の第2結像光学系G2とで構成されており、屈折型の第1及び第3結像光学系G1、G3に関しては、従来の屈折型の投影光学系と同様に、第1及び第3結像光学系G1、G3の収差を計測しつつ各分割鏡筒及び各能動型分割鏡筒の偏心調整や間隔調整を行いつつ組み上げて、第1及び第3バレル5E、5Fを完成させる。このような分割鏡筒の偏心調整や間隔調整に関しては、例えば特開2001-56426号公報に開示されている。また、反射屈折型の第2結像光学系G2に関しては、先ずオートコリメー

タや干渉計等を使用して、分割鏡筒73Aに対する光路折り曲げ鏡AM、BM（反射鏡ブロックFM）の位置を所望の位置に設定し、次いでこの分割鏡筒73Aに対して分割鏡筒73B～73Dの位置決めを行い第2バレル6Dを完成させる。その後、各バレル5E、6D、5Fを接続し、投影光学系全体の収差を計測しつつ、各バレル5E、6D、5Fの偏心調整や間隔調整を行い、必要であれば、投影光学系全体の収差を計測しつつ各能動型分割鏡筒71A～71D、77に対する光学素子（レンズL12、L14、L16、L18及びL34）の3自由度の位置調整を行って、投影光学系の結像性能を所定の性能まで追い込む。

【0155】次に、上記の実施の形態の投影光学系を備えた投影露光装置の構成例について説明する。図16は、本例の投影露光装置の概略構成を示す図であり、この図5においてはXYZ座標系を採用している。この投影露光装置は、露光光源101としてF₂レーザ光源（又はArFエキシマレーザ光源）を使用し、投影光学系PLとして上記の第1～第4の実施の形態の何れかの反射屈折型の投影光学系を使用している。なお、露光光源101としては、波長約120nm～約180nmの真空紫外域に属する光を発する光源、例えば発振波長146nmのクリプトンダイマーレーザ（Kr₂レーザ）や、発振波長126nmのアルゴンダイマーレーザ（Ar₂レーザ）などをも用いることができる。また、本例の投影露光装置は、レチクル上の所定形状の照明領域に対して相対的に所定方向へレチクル及びウエハを同期して走査することにより、ウエハ上の1つのショット領域にレチクルのパターン像を逐次転写するステップ・アンド・スキャン方式を採用している。

【0156】図16において、露光光源101からの露光ビームとしてのパルスレーザ光（照明光）は、偏向ミラー103にて偏向されて、光路遅延光学系105へ向かい、その照明光の時間的干渉距離（コヒーレンス長）以上の光路長差が付与された時間的に複数の光束に分割される。なお、このような光路遅延光学系は例えば特開平1-198759号公報や特開平11-174365号公報に開示されている。

【0157】光路遅延光学系105から射出される照明光は、光路偏向ミラー106にて偏向された後に、第1フライアイレンズ107、ズームレンズ108、振動ミラー109を順に介して第2フライアイレンズ110に達する。第2フライアイレンズ110の射出側には、有効光源のサイズ・形状を所望に設定するための照明光学系開口絞り用の切り替えレボルバ111が配置されている。本例では、照明光学系開口絞りでの光量損失を低減させるために、ズームレンズ108による第2フライアイレンズ110への光束の大きさを可変としている。

【0158】照明光学系開口絞りの開口から射出した光束は、コンデンサレンズ群112を介して照明視野絞り

(レチクルブラインド) 113を照明する。なお、照明視野絞り113については、特開平4-196513号公報、及びこれに対応する米国特許第5,473,410号公報に開示されている。照明視野絞り113からの光は、偏向ミラー115,118、レンズ群116,117,119からなる照明視野絞り結像光学系(レチクルブラインド結像系)を介してレチクルR上へ導かれ、レチクルR上には、照明視野絞り112の開口部の像である照明領域が形成される。レチクルR上の照明領域からの光は、投影光学系PLを介してウエハW上へ導かれ、ウエハW上には、レチクルRの照明領域内のパターンの縮小像が形成される。

【0159】さて、真空紫外域の波長の光を露光光とする場合には、その光路から酸素、水蒸気、炭化水素系のガス等の、かかる波長帯域の光に対し強い吸収特性を有するガス(以下、適宜「吸収性ガス」と呼ぶ)を排除する必要がある。従って、本実施形態では、照明光路(露光光源101~レチクルRへ至る光路)及び投影光路(レチクルR~ウエハWへ至る光路)を外部雰囲気から遮断し、それらの光路を真空紫外域の光に対する吸収の少ない特性を有する特定ガスとしての窒素、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトンなどのガス、またはそれらの混合ガス(以下、適宜「パージガス」と呼ぶ)で満たしている。

【0160】具体的には、露光光源101から光遅延光学系105までの光路をケーシング102により外部雰囲気より遮断し、光遅延光学系105から照明視野絞り113までの光路をケーシング104により外部雰囲気より遮断し、照明視野絞り結像光学系をケーシング114,150により外部雰囲気から遮断し、それらの光路内に上記パージガスを充填している。また、投影光学系PL自体も既に説明したようにその鏡筒がケーシングとなっており、その内部光路に上記パージガスを充填している。

【0161】ケーシング120は、照明視野絞り結像光学系を納めたケーシング150と投影光学系PLとの間の空間を外部雰囲気から遮断しており、その内部にレチクルRを保持するレチクルステージRSを収納している。このケーシング120には、レチクルRを搬入・搬出するための扉122が設けられており、この扉122の外側には、レチクルRを搬入・搬出時にケーシング120内の雰囲気が汚染されるのを防ぐためのガス置換室121が設けられている。このガス置換室121にも扉123が設けられており、複数種のレチクルを保管しているレチクルストック124との間でレチクルの受け渡しは扉123を介して行う。

【0162】ケーシング126は、投影光学系PLとウエハWとの間の空間を外部雰囲気から遮断しており、その内部に、ウエハWを保持するウエハステージ128、基板としてのウエハWの表面のZ方向の位置(フォーカ

ス位置)や傾斜角を検出するための斜入射形式のオートフォーカスセンサ130、オフ・アクシス方式のアライメントセンサ131、ウエハステージ128を載置している定盤129を収納している。このケーシング126には、ウエハWを搬入・搬出するための扉133が設けられており、この扉133の外側にはケーシング116内部の雰囲気が汚染されるのを防ぐためのガス置換室132が設けられている。このガス置換室132には扉134が設けられており、装置内部へのウエハWの搬入、装置外部へのウエハWの搬出はこの扉134を介して行う。

【0163】ここで、ケーシング104,150,120,126のそれぞれには、給気弁V1,V2,V3,V6が設けられており、これらの給気弁V1,V2,V3,V6は図示なきガス供給装置に接続された給気管路に接続されている。また、ケーシング104,150,120,126のそれぞれには、排気弁V11,V12,V13,V16が設けられており、これらの排気弁V11,V12,V13,V16は、それぞれ図示なき排気管路を介して上記ガス供給装置に接続されている。なお、ガス供給装置からの特定ガスは不図示の温度調整装置により所定の目標温度に制御されている。ここで、特定ガスとしてヘリウムを用いる場合には、温度調整装置は各ケーシングの近傍に配置されることが好ましい。

【0164】同様に、ガス置換室121,134にも給気弁V4,V7と排気弁V14,V17とが設けられており、給気弁V4,V7は給気管路を介して、排気弁V14,V17は排気管路を介してそれぞれ上記ガス供給装置に接続されている。さらに、投影光学系PLの鏡筒にも必要に応じて給気弁(バルブ)V5及び排気弁(バルブ)V15が設けられており、給気弁V5は図示なき給気管路を介して、排気弁V15は図示なき排気管路を介して上記ガス供給装置に接続されている。

【0165】次に、上記の実施の形態の投影露光装置を使用した半導体デバイスの製造工程の一例につき図17を参照して説明する。図17は、半導体デバイスの製造工程の一例を示し、この図17において、まずシリコン半導体等からウエハWが製造される。その後、ウエハW上にフォトリソを塗布し(ステップS10)、次のステップS12において、上記の実施の形態の投影露光装置のレチクルステージ上にレチクルR1をロードし、走査露光方式でレチクルR1のパターン(符号Aで表す)をウエハW上の全部のショット領域SEに転写(露光)する。なお、ウエハWは例えば直径300mmの半導体(シリコン等)又はSOI(silicon on insulator)等のウエハ(12インチウエハ)であり、ショット領域SEの大きさは一例として非走査方向の幅が25mmで走査方向の幅が33mmの矩形領域である。次に、ステップS14において、現像及びエッチングやイオン注入等を行うことにより、ウエハWの各ショット領域SEに

所定のパターンが形成される。

【0166】次に、ステップS16において、ウエハW上にフォトリジストを塗布し、その後ステップS18において、上記の実施の形態の投影露光装置のレチクルステージ上にレチクルR2をロードし、走査露光方式でレチクルR2のパターン（符号Bで表す）をウエハW上の各ショット領域SEに転写（露光）する。そして、ステップS20において、ウエハWの現像及びエッチングやイオン注入等を行うことにより、ウエハWの各ショット領域に所定のパターンが形成される。

【0167】以上の露光工程～パターン形成工程（ステップS16～ステップS20）は所望の半導体デバイスを製造するのに必要な回数だけ繰り返される。そして、ウエハW上の各チップCPを1つ1つ切り離すダイシング工程（ステップS22）や、ボンディング工程、及びパッケージング工程等（ステップS24）を経ることによって、製品としての半導体デバイスSPが製造される。

【0168】なお、上述の各実施の形態では、投影光学系を構成する屈折性の光学部材の材料として石英、又は螢石（ CaF_2 ：フッ化カルシウム）を使用しているが、この CaF_2 に加えて、あるいは CaF_2 に代えて、例えばフッ化バリウム、フッ化リチウム、及びフッ化マグネシウムなどのフッ化物の結晶材料やフッ素がドーパされた石英を使用しても良い。但し、マスクを照明する照明光において十分な狭帯化が可能であるならば、投影光学系は単一種類の光学材料で構成することが好ましい。さらに、投影光学系の製造のし易さや製造コストを考えると、投影光学系は石英のみ、又は CaF_2 のみで構成されることが好ましい。

【0169】また、上述の各実施例では、光源としてF₂レーザ又はArFエキシマレーザを用い、狭帯化装置によりそのスペクトル幅を狭帯化しているが、その代わりに、157nmや193nm等に発振スペクトルを持つYAGレーザなどの固体レーザの高調波を用いるようにしても良い。また、DFB半導体レーザまたはファイバーレーザから発振される赤外域または可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（Er）（またはエルビウムとイッテルビウム（Yb）との両方）がドーパされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

【0170】また、上述の各実施形態では、投影光学系を構成する全ての光学要素が単一の光軸に沿って配置されているものを適用している。しかしながら、本発明は上述の中心遮蔽型の投影光学系には限られず、例えば米国特許第5,689,377号公報の第6図、米国特許第5,691,802号公報の第6図、米国特許第5,805,334号公報の第5図に開示されるような軸外視野を有する反射屈折型投影光学系にも適用できる。この場合、2つの光路偏向鏡と凹面反射鏡とを1つの鏡筒

ユニットで保持し、この鏡筒ユニットとは異なる1つ又は複数の鏡筒ユニットで屈折型結像光学系を保持することが好ましい。

【0171】また、本発明は特願2000-58268号（国際出願番号PCT/JPO1/01350号）で提案されている軸外視野を有する反射屈折型投影光学系にも適用できる。この場合においても、2つの光路偏向鏡と凹面反射鏡とを1つの鏡筒ユニットで保持し、この鏡筒ユニットとは異なる複数の鏡筒ユニットで2つの屈折型結像光学系を保持することが好ましい。

【0172】軸外視野を有する反射屈折型投影光学系においても、1つの鏡筒ユニットで反射部材の全てを保持することにより、像ずれの安定性や偏心公差の軽減を得られる利点がある。更に、本発明は、ウエハ上の1つのショット領域へマスクパターン像を一括的に転写した後に、投影光学系の光軸と直交する面でウエハを逐次二次元的に移動させて次のショット領域にマスクパターン像を一括的に転写する工程を繰り返すステップ・アンド・リピート方式（一括露光方式）や、ウエハの各ショット領域への露光時にマスクとウエハとを投影光学系に対して投影倍率 β を速度比として同期走査するステップ・アンド・スキャン方式（走査露光方式）の双方に適用することができる。なお、ステップ・アンド・スキャン方式では、スリット状（細長い矩形状）の露光領域内で良好な結像特性が得られればよいので、投影光学系を大型化することなく、ウエハ上のより広いショット領域に露光を行うことができる。

【0173】ところで、上述の各実施例では、半導体素子の製造に用いられる投影露光装置に本発明を適用している。しかしながら、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子やプラズマディスプレイなどを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドやマイクロマシーン等の製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、撮像素子（CCDなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。また、レチクルまたはマスクを製造するためにガラス基板またはシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも、本発明を適用することができる。

【0174】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0175】

【発明の効果】本発明によれば、反射屈折系よりなる投影光学系を使用した場合においても、鏡筒を像シフトを最小限にして安定して保持できる。更に、投影光学系の調整過程や調整システムの能力も高くできるため、調整が容易であり、且つ必要に応じて、投影光学系の鏡筒内の雰囲気気を不活性ガス等のパージガスで一様に保つこと

ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第2の実施の形態の投影光学系の基本構成を示す概念図である。

【図2】 本発明の第1の実施の形態の投影光学系を示すレンズ構成図である。

【図3】 その第1の実施の形態の投影光学系の鏡筒の構成を示す断面図である。

【図4】 (a)は図3のAA線に沿う断面図、(b)は図3の上下方向駆動素子20及び継ぎ手19を示す拡大斜視図である。

【図5】 本発明の第2の実施の形態の投影光学系を示すレンズ構成図である。

【図6】 その第2の実施の形態の投影光学系の鏡筒の構成を示す断面図である。

【図7】 図6の能動型分割鏡筒44Aを示す平面図である。

【図8】 本発明の第3の実施の形態の投影光学系を示すレンズ構成図である。

【図9】 その第3の実施の形態の投影光学系の鏡筒の構成を示す断面図である。

【図10】 本発明の第4の実施の形態の投影光学系を示すレンズ構成図である。

*

*【図11】 その第4の実施の形態の投影光学系の鏡筒の構成を示す断面図である。

【図12】 図11のCC線に沿う平面図である。

【図13】 本発明の第5の実施の形態の投影光学系を示すレンズ構成図である。

【図14】 その第5の実施の形態の投影光学系の鏡筒の構成を示す断面図である。

【図15】 図14中の能動型分割鏡筒77を示す斜視図である。

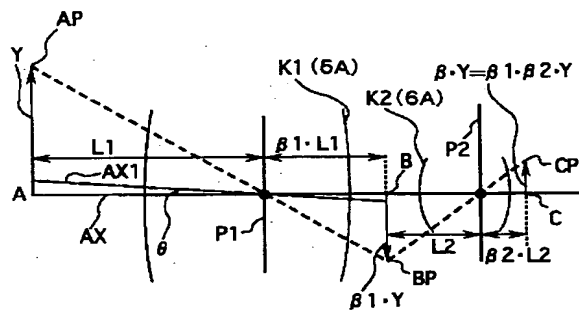
【図16】 本発明の実施の形態の一例の投影露光装置を示す図である。

【図17】 本発明の実施の形態の一例の半導体デバイスの製造工程を示す図である。

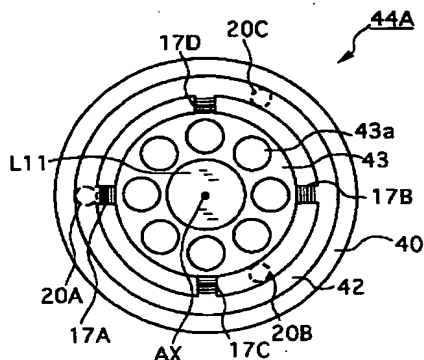
【符号の説明】

R…レチクル、PL…投影光学系、ウエハ…ウエハ、1…物体面、2…中心遮蔽部材、3…一次像(中間像)、4…像面、K1、K2…結像光学系、L11~L13、L21~L24、L2…レンズ、M1…主鏡、M2…副鏡、5…第1バレル、6…第2バレル、11…支持板、14、15、20…上下方向駆動素子、17…偏心方向駆動素子、22A~22E…能動型分割鏡筒、26…主制御系、27…結像特性制御系

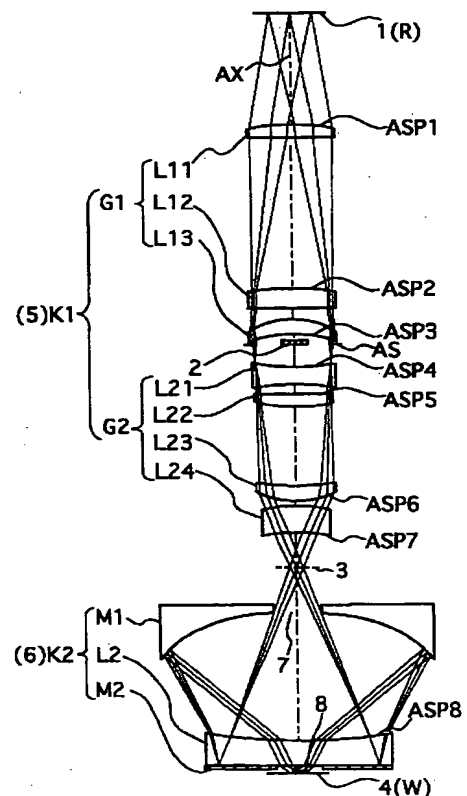
【図1】



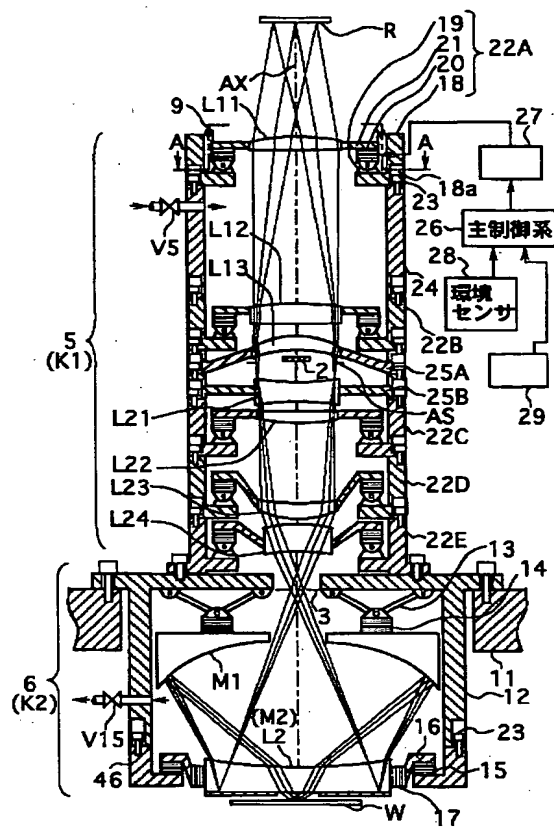
【図7】



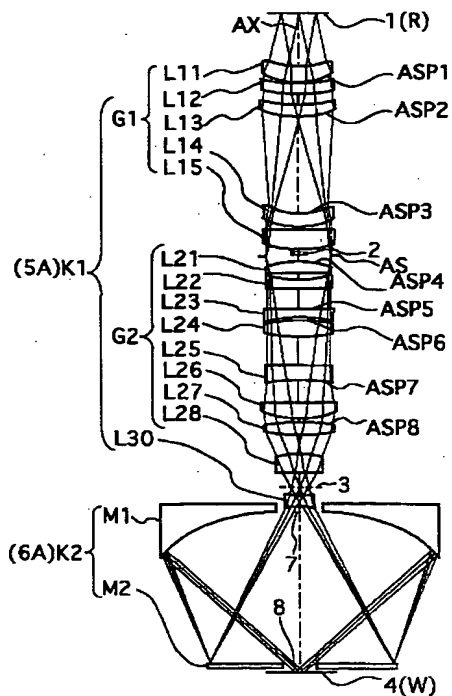
【図2】



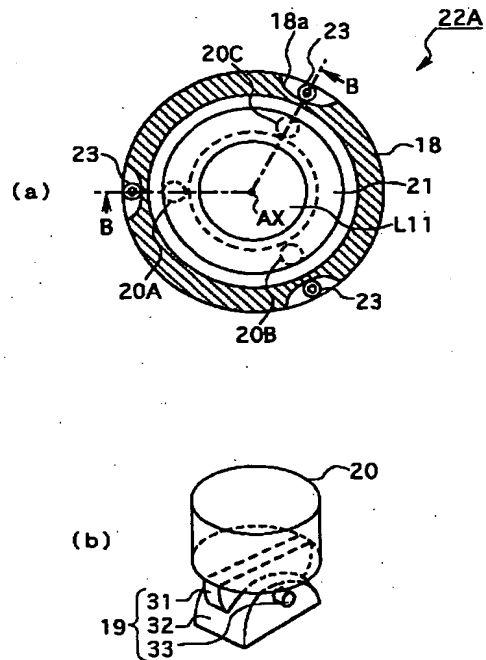
【図3】



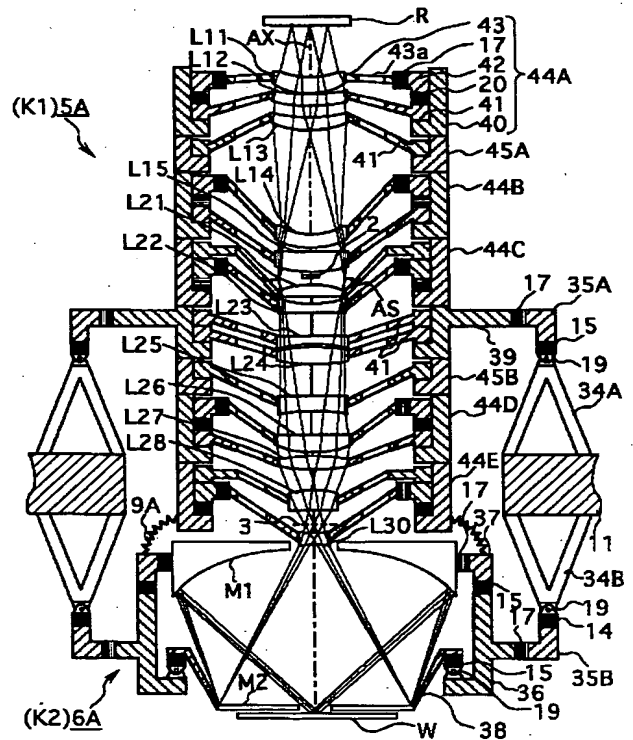
【図5】



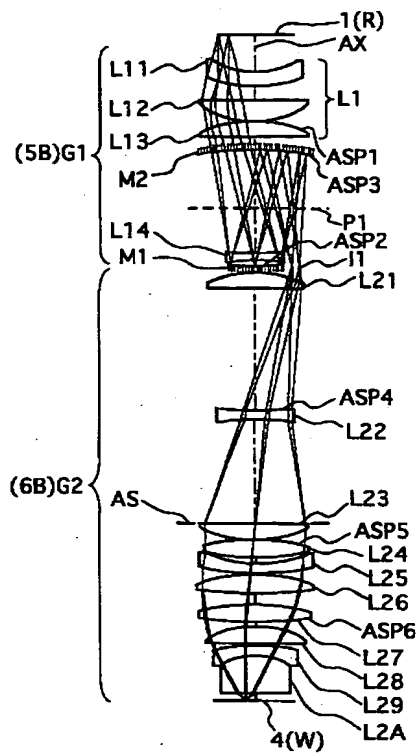
【図4】



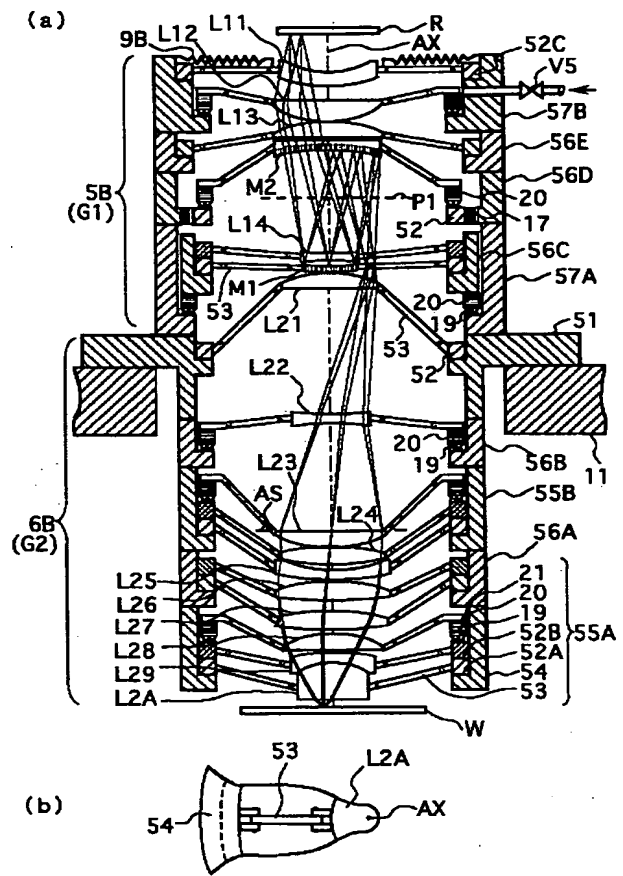
【図6】



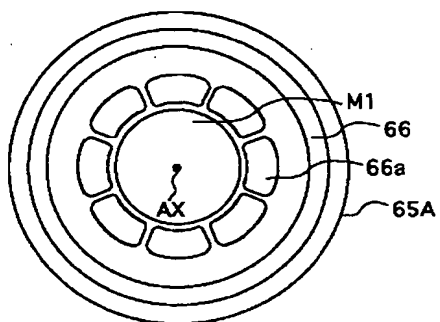
【図8】



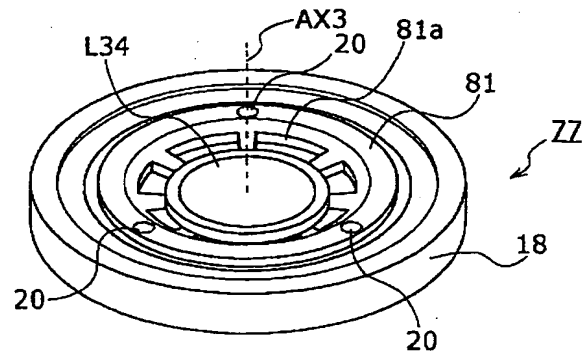
【図9】



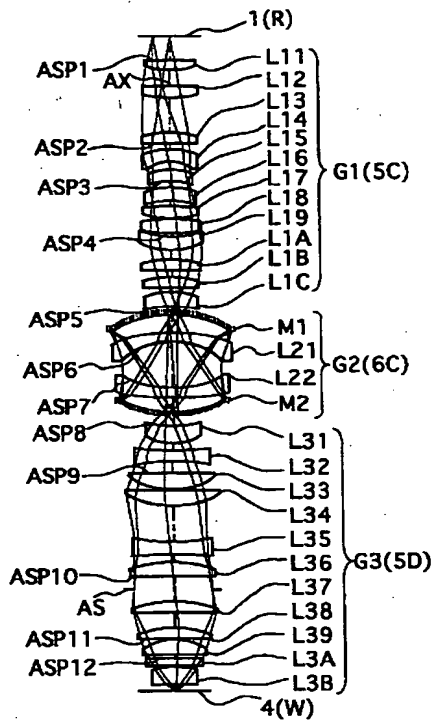
【図12】



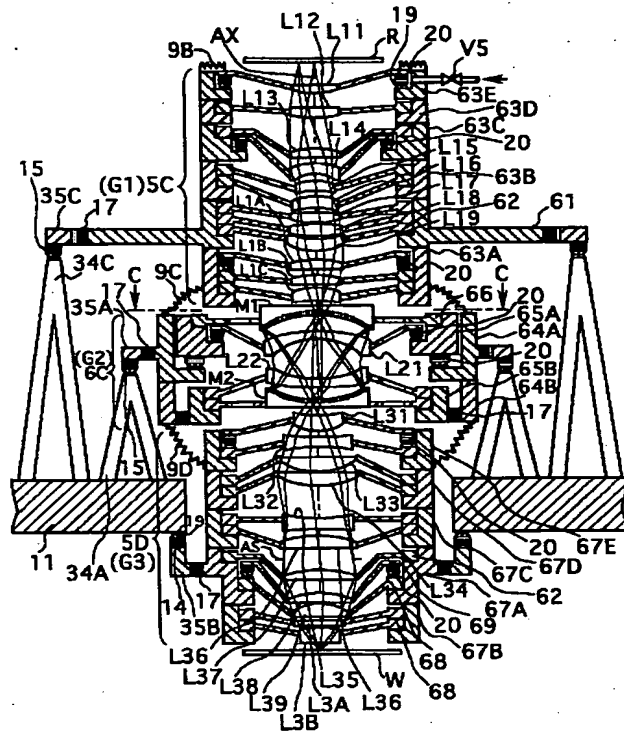
【図15】



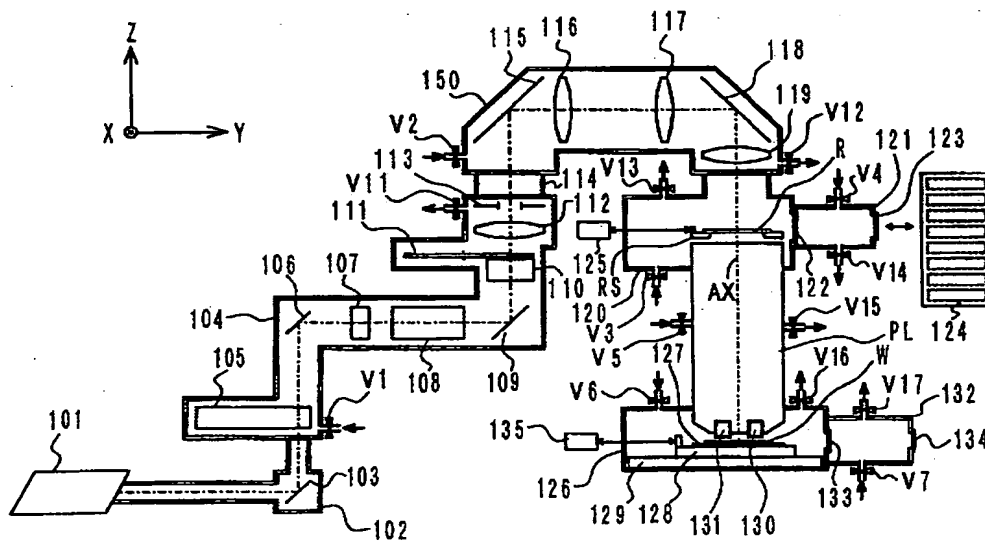
【図10】



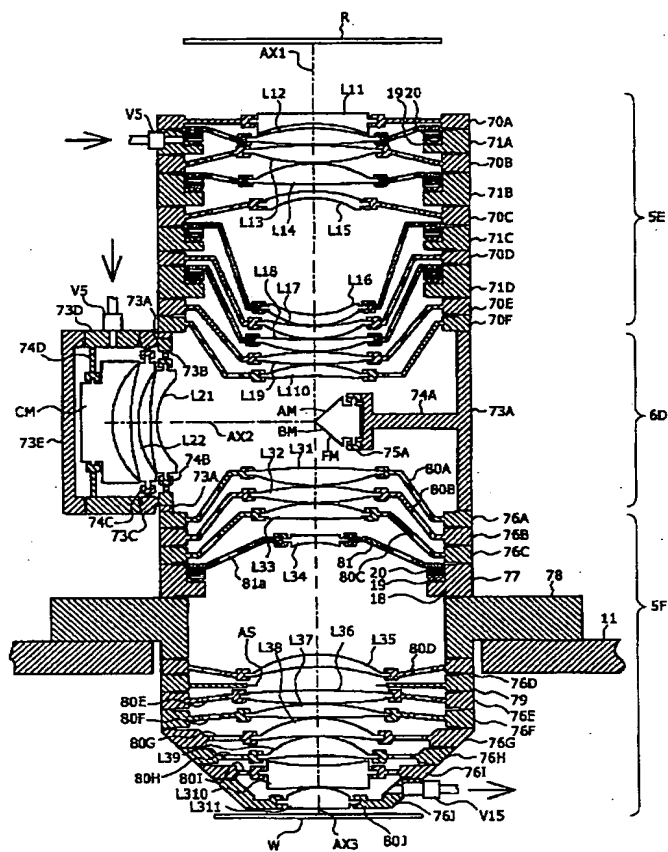
【図11】



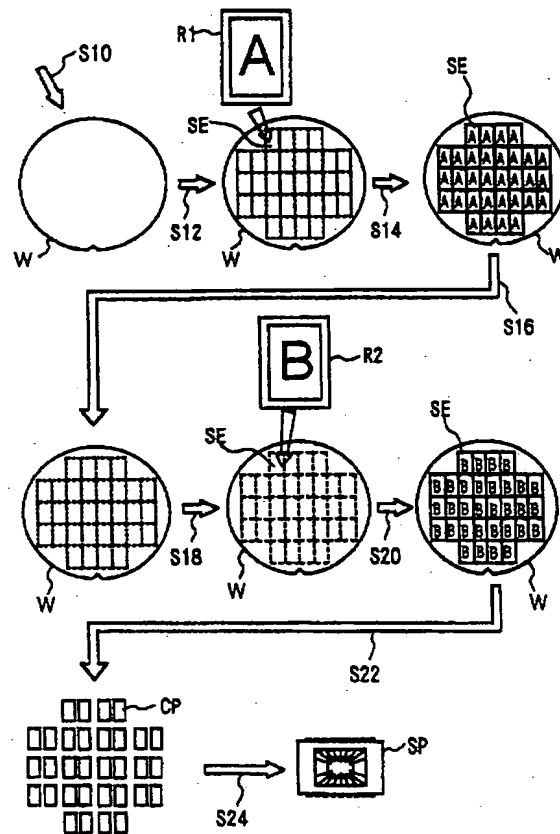
【図16】



【图 1 4】



【図17】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

G 0 3 F 7/20

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

テーマコード(参考)

5 1 5 D

(72)発明者 大村 泰弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H044 AA16 AA19 AC01 AE06 AJ04

BD12 BD15 BD20 BE06 BE08

DA01 DD11

2H087 KA21 LA01 NA04 PA08 PA13

PA14 PA15 PA17 PA18 PB08

PB14 PB20 QA02 QA03 QA06

QA07 QA12 QA13 QA17 QA21

QA25 QA33 QA37 QA39 QA41

QA42 QA45 RA05 RA12 RA13

RA37 TA01 TA04

5F046 AA22 BA03 CA04 CA08 CB03

CB12 CB20 CB25 DA13